

# UFR Staps

Sciences & techniques  
des activités physiques  
et sportives

MASTER 2 EOPS

ANNEE UNIVERSITAIRE 2020-2021

**Impact d'un programme de  
renforcement musculaire et d'équilibre  
sans matériel sur les facteurs de risques  
des principales blessures dans le football**

Présenté par : BOISSINOT Thibaut

Référent universitaire : DOREL Sylvain

Tuteur de stage : LEDUC Sébastien

[www.univ-nantes.fr/staps](http://www.univ-nantes.fr/staps)

UN

UNIVERSITÉ DE NANTES

## Attestation

Je soussignée BOISSINOT Thibaut, étudiant en Master 2 EOPS à l'Université de Nantes, certifie que ce mémoire est strictement le résultat de mon travail personnel.

Il respecte en tous points la charte anti-plagiat de l'Université de Nantes que j'ai rendue signée au moment du dépôt de ma convention de stage. Tout manquement à cette charte entraînerait immédiatement la note de 0. De plus, je certifie que les résultats présentés sont issues d'expérimentations que j'ai personnellement réalisées.

Je tiens à la disposition du jury l'ensemble des résultats bruts et traités pour vérification. En cas de demande de la part du jury, la non-présentation de ces données entraînerait immédiatement la note de 0.

Fait à Nantes le 30/05/2021

Thibaut BOISSINOT

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Thibaut BOISSINOT", is positioned below the typed name. The signature is fluid and cursive, with a long horizontal line extending to the right.

## **Remerciements**

Tout d'abord je souhaite remercier mon tuteur de stage, Sébastien LEDUC pour ses conseils et mon accompagnement tout au long de la saison.

Je souhaite remercier également Jason et Adrien, les deux coachs U19 pour m'avoir accueilli en cours de saison, pour leur confiance et leur implication dans mon projet.

Par la même occasion je remercie l'ensemble des joueurs du groupe U18-U19 et plus globalement le club de Saint Sébastien Sur Loire pour m'avoir permis de réaliser cette première expérience en tant que préparateur physique malgré le contexte particulier.

Je tiens également à remercier mon référent universitaire, Sylvain DOREL pour son accompagnement durant cette année.

Un grand merci à l'ensemble des enseignants et formateurs, de l'IFM3R et du STAPS pour m'avoir accompagné, formé, et fait grandir durant ces cinq années d'étude.

Je remercie également tous mes amis, notamment les plus anciens, de Villiers et de Niort (Thib, Tintin, Evan, Pierrot, Lucho, Burni, Momo et Sko) pour avoir toujours été présent depuis le départ.

Je remercie également toute la bande du STAPS avec qui l'aventure à commencer en L1 et n'est pas prête de se terminer.

Enfin, parce que sans eux je n'aurais pas pu passer ces quatre années incroyables, je remercie l'ensemble de Vivastreet et notamment le FCB de m'avoir supporté tant bien que mal et plus particulièrement mon coloc, mon voisin du 5Ter et mes deux petites femmes des Olivettes.

Enfin, je ne saurais comment remercier ma famille pour leur soutien sans faille depuis toujours. À mon petit frère Emilien, ma grande sœur Alice, mes parents et mes grands-parents sans qui je ne serais pas là aujourd'hui.

## Sommaire

1	Introduction.....	1
2	Revue de littérature.....	2
2.1	Les blessures dans le football.....	2
2.1.1	Généralités.....	2
2.1.2	Types et localisations.....	2
2.2	Pourquoi et comment prévenir les blessures ?.....	3
2.3	Mécanismes lésionnels.....	4
2.3.1	Entorse de la cheville.....	5
2.3.2	Entorse du genou .....	5
2.3.3	Ischiojambiers .....	5
2.3.4	Quadriceps.....	6
2.3.5	Aine et adducteurs .....	6
2.4	Facteurs de risque.....	7
2.4.1	Généralités.....	7
2.4.2	Facteurs généraux dans le football.....	7
2.4.3	Entorse de la cheville.....	8
2.4.4	Entorse du genou .....	8
2.4.5	Ischiojambiers .....	8
2.4.6	Quadriceps.....	9
2.4.7	Aine et adducteurs .....	9
2.5	Exercices préventifs .....	9
3	Hypothèse/Objectifs.....	10
4	Matériels et méthode.....	11
4.1	Caractéristique de la population .....	11
4.2	Contexte de l'intervention .....	11
4.3	Tests et évaluation des facteurs .....	11
4.3.1	Mesure de la force excentrique .....	11
4.3.2	Mesure de l'équilibre.....	13
4.4	Programme de prévention .....	14
4.4.1	Caractéristiques du programme .....	14
4.4.2	Exercices de renforcement musculaire en excentrique .....	16
4.4.3	Exercices d'équilibre .....	17
4.5	Statistiques .....	22
5	Résultats.....	22
5.1	Force excentrique .....	22
5.2	Équilibre.....	23
5.3	Compliance au sein du groupe .....	24
6	Discussion.....	24
6.1	Interprétation des résultats et mise en relation avec la littérature .....	24
6.1.1	Force excentrique .....	24
6.1.2	Équilibre statique et dynamique .....	26
6.1.3	Compliance et amélioration des facteurs .....	27
6.2	Limites de l'étude.....	27
6.3	Perspectives.....	29
7	Conclusion .....	30

## 1 Introduction

Le football est un sport collectif qui demande la réalisation de gestes variés (frappe, saut, sprint,...) à différentes intensités au cours d'un match ou d'un entraînement. Cela explique notamment qu'on puisse retrouver un taux important de blessures quel que soit le niveau de pratique (van Beijsterveldt, van der Horst, et al., 2013). Différents moyens préventifs sont mis en place afin de réduire ce taux important de blessures comme les programmes de prévention des blessures. Ils s'appuient sur l'amélioration de facteurs de risque afin de diminuer le risque. En effet, même si les facteurs de risque extrinsèques (comme les contacts avec un adversaire) sont difficiles à contrôler, les facteurs intrinsèques, qui mènent aux blessures sans contact, sont pour certains modifiables par l'entraînement (Pérez-Gómez et al., 2020).

La conception d'un tel programme se basant sur l'amélioration de certains facteurs de risque et accessible quel que soit le niveau de pratique au football est l'objectif de ce mémoire.

Celui-ci est associé à un stage en milieu professionnel au sein du club de Saint Sébastien Sur Loire en tant que préparateur physique sur le groupe U19. Les missions confiées concernent l'échauffement et le travail athlétique durant les entraînements ainsi que la prévention des blessures qui est l'une des priorités du club autour des équipes jeunes comme seniors.

Réalisant le double cursus Master EOPS/kinésithérapie, la prévention des blessures est un sujet d'autant plus intéressant qu'il fait écho aux deux cursus. En effet, il semble important d'intervenir dans les deux cas en amont des blessures afin de limiter leurs survenues.

Par la mise en place de ce programme au sein de l'équipe U19, nous cherchons ainsi à améliorer certains facteurs de risque modifiables des principales blessures du footballeur, ce qui par ailleurs réduira potentiellement le risque de blessure. Ce programme n'utilise aucun matériel additionnel (charges, élastiques, mousses d'équilibre, ...), afin qu'il reste accessible à tous les clubs et toutes les équipes. Il ciblera durant 6 semaines l'amélioration de la force excentrique – facteur de risque des blessures musculaires au niveau des ischiojambiers – par du renforcement musculaire ainsi que l'amélioration de l'équilibre – facteur de risque des entorses de la cheville et du genou – par différents exercices d'équilibre. Ces qualités seront toutes évaluées par des tests de terrain avec d'un côté l'utilisation du dynamomètre manuel pour la force excentrique et de l'autre des tests de l'équilibre (Y balance test et stork test).

## 2 Revue de littérature

### 2.1 Les blessures dans le football

#### 2.1.1 Généralités

Selon le consensus défini par Fuller et al. (2006), est appelée blessure dans le football « toute plainte physique subie par un joueur qui résulte d'un match de football ou d'un entraînement, indépendamment du besoin d'attention médicale ou du temps d'arrêt des activités de football. » Les blessures dans le football sont très présentes puisqu'on retrouve par exemple chez les catégories U17 à U21 un taux de 7,9 blessures pour 1000 h de jeu (match et entraînement compris). Ce taux est d'autant plus important en match qu'à l'entraînement (Jones et al., 2019 ; Pfirrmann et al., 2016). Parmi les blessures présentes chez les jeunes joueurs, environ 66 % sont des blessures survenant sans contact (Jones et al., 2019). On retrouve également deux tiers de blessures d'origine traumatique et un tiers de blessures de surutilisation (Pfirrmann et al., 2016).

Il existe différents niveaux de sévérité des blessures qui sont définis par le nombre de jours d'absence (de la blessure à la reprise complète sur le terrain) (Fuller et al., 2006). On retrouve ainsi les blessures minimes (entre 1 et 3 jours), légères (entre 4 et 7 jours) ainsi que les blessures modérées (de 7-8 à 28 jours). Le taux d'absence moyen se situe entre 15,3 et 21,9 jours chez les jeunes joueurs (Jones et al., 2019). Au-delà de 28 jours, on parle de blessures graves qui concernent plus d'un quart des blessures chez les jeunes footballeurs élites. Une blessure grave pour un footballeur de haut-niveau correspond à une perte de temps de développement de minimum 10 % par saison selon la longueur de l'absence (Jones et al., 2019). Il s'agit de temps de perdu pour progresser et s'améliorer notamment chez les jeunes footballeurs.

Ces blessures, quelles que soient leurs sévérités, peuvent être de différents types et concerner différentes zones du corps.

#### 2.1.2 Types et localisations

Dans le football, on retrouve les mêmes types de blessures chez les professionnels et chez les jeunes que sont les lésions, les entorses et les contusions (Pfirrmann et al., 2016). On retrouve également les fractures, qui sont plus sévères mais moins fréquentes qu'une atteinte des tissus mous (Jones et al., 2019).

Concernant les zones atteintes par les blessures, le membre inférieur apparaît comme la zone du corps la plus touchée avec un taux d'incidence de 6,8/1000 heures de jeu par rapport au tronc (0,4/1000 h), le membre supérieur (0,3/1000 h) ou encore la tête et le cou (0,2/1000 h) (López-Valenciano et al., 2020). Plus précisément, les blessures sont retrouvées fréquemment chez les jeunes joueurs élites au niveau du haut de la jambe avec notamment une atteinte des faces antérieure (7 à 21 % des blessures) et postérieure (4 à 21 % des blessures). Les blessures du genou (8 à 21 % des blessures), de la cheville

(10 à 38 % des blessures) et de l'aine (de 7 à 33 % des blessures) sont également fréquentes (Jones et al., 2019).

Compte tenu des données précédentes, nous pouvons admettre que les blessures chez les footballeurs, notamment chez les jeunes, sont principalement d'ordre articulaire et musculaire. On retrouve notamment un taux élevé d'entorses ligamentaires à la cheville et au genou comme le montrent Arnason et al. (2004) avec 20 entorses pour la cheville et 20 entorses pour le genou sur les 45 identifiées. Concernant le genou, le ligament collatéral médial (LCM) est le plus atteint puisqu'il représente entre 77 et 83 % de toutes les blessures au genou (Read et al., 2016). De plus, la majorité des entorses mineures ou modérées du genou concernent le LCM. Dans les atteintes plus graves, on retrouve en plus du LCM une atteinte du ligament croisé antérieur (LCA) (Arnason et al., 2004). Concernant les entorses de la cheville, l'atteinte du ligament talo-fibulaire est la plus courante. En effet, dans la population sportive en général, 90 % des entorses concernent les ligaments latéraux et seulement 10 % des entorses concernent donc la syndesmose ou l'entorse interne ou les deux. Ces chiffres semblent identiques dans le football (entre 80 et 91 % d'entorses latérales) (Giza et al., 2003). Pour les blessures musculaires, Fanchini et al. (2020) nous indiquent qu'elles ont le taux d'incidence le plus élevé par rapport aux autres blessures. Ekstrand et al. (2011) nous précisent en effet dans leur étude de cohorte que 31 % des blessures enregistrées étaient musculaires chez les joueurs professionnels dont 92 % affectaient le membre inférieur et notamment 4 muscles : les ischiojambiers (37 %), les adducteurs (23 %), les quadriceps (19 %) et le triceps sural (13 %).

Les adducteurs sont concernés dans deux tiers des blessures survenant dans la région de l'aine dans le football (Harøy et al., 2019), et le long adducteur est le muscle blessé dans 90 % des cas (Serner et al., 2019). Concernant les quadriceps, le droit fémoral apparaît comme le muscle le plus touché dans le football (Mendiguchia et al., 2013) tandis que pour les ischiojambiers il s'agit du biceps fémoral (Alentorn-Geli et al., 2009a).

La plupart de ces blessures sont des déchirures et non des blessures de surmenage (Ekstrand et al., 2011). Elles sont une préoccupation importante puisqu'elles ont un impact négatif sur la performance (Fanchini et al., 2020).

Les différents éléments recueillis auprès de la littérature permettent d'identifier les entorses du genou et de la cheville ainsi que les blessures au niveau des ischiojambiers, des quadriceps et des adducteurs comme les principales blessures survenant chez les jeunes footballeurs.

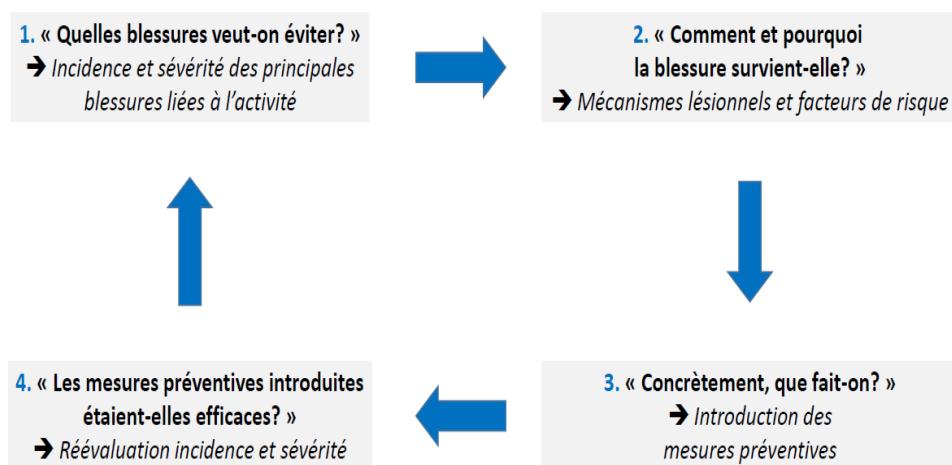
## **2.2 Pourquoi et comment prévenir les blessures ?**

La prévention des blessures correspond à l' « ensemble des moyens mis en œuvre pour empêcher l'apparition de blessures dans le cadre d'une pratique sportive » (Delvaux & Croisier, 2019). Il est possible d'identifier deux types de préventions des blessures :

- La prévention primaire désigne « la prévention des blessures chez les athlètes ne s'étant jamais blessés » (FIFA, 2016) et a donc pour objectif de réduire les risque qu'ils se blessent.
- La prévention secondaire implique quant à elle « des pratiques destinées à éviter une nouvelle blessure ». En effet, il existe un risque important de récidive dans toutes les blessures, ce qui explique l'importance également de la prévention secondaire.

La prévention, qu'elle soit primaire ou secondaire, tient un rôle important dans la vie d'un joueur, d'une équipe et d'un club. En effet, les blessures de par leur impact sur la performance d'une équipe ou le développement d'un joueur doivent être réduites. De plus, de nombreuses mesures préventives ont montré leur efficacité.

Afin de mener à bien la construction d'une stratégie préventive, il est nécessaire de réaliser différentes étapes. Van Mechelen et al. (1992) en a défini quatre (**Figure 1**). La première, que nous venons de réaliser, consiste à identifier les principales blessures ainsi que leurs incidences et leurs sévérités. Il est ensuite nécessaire d'identifier les mécanismes lésionnels et les facteurs de risque de ces blessures pour pouvoir mettre en place les mesures préventives. C'est par cette identification que nous poursuivrons notre revue. Enfin, il est important de réévaluer l'incidence et la sévérité afin d'observer les effets.



**Figure 1** : Modèle théorique de la prévention, adapté en français de « Sequence of prevention »

(van Mechelen et al., 1992) par François Delvaux & Croisier (2019)

### 2.3 Mécanismes lésionnels

Comme nous l'avons vu précédemment, différentes blessures du membre inférieur surviennent dans le football. Elles apparaissent notamment suite à des mécanismes lésionnels que nous allons évoquer par la suite.

### **2.3.1 Entorse de la cheville**

Bien qu'une majorité de blessures à la cheville survienne suite à un contact avec un adversaire, un nombre important de blessures sans contact se produit également (Walls et al., 2016). Ces blessures sans contact arrivent suite à différents mécanismes lésionnels identifiés. On retrouve la supination du pied à l'atterrissement, ou les changements de direction (Fousekis et al., 2012). En effet, le mécanisme typique des entorses est une inversion/supination forcée de la cheville qui entraîne une lésion du ligament talo-fibulaire antérieur. Les tendons des fibulaires vont également être impactés par des mécanismes d'étirements puisque leur rôle est de ramener le pied dans l'axe (Walls et al., 2016).

### **2.3.2 Entorse du genou**

Le taux de blessures du LCA sans contact varie de 70 à 84 % chez les athlètes féminins et masculins (Alentorn-Geli et al., 2009a). Les blessures aux genoux peuvent survenir lors d'un atterrissage après un saut avec une extension complète ou presque, lors d'un arrêt brutal, d'un changement de direction soudain incluant une rotation du genou associée à une décélération ou encore lors d'un pivot avec un genou quasiment en extension et un pied planté dans le sol (Alentorn-Geli et al., 2009a ; Mehl et al., 2018).

Dans ces situations, le genou n'est que légèrement plié et en valgus, et les forces dans le ligament augmentent énormément. De plus, le pied reste souvent planté au sol au moment de la blessure. Le centre de gravité est en arrière du genou, le quadriceps va entraîner ainsi une translation antérieure du tibia augmentant la tension du LCA (Mehl et al., 2018). Cette force de translation antérieure est la force isolée la plus néfaste associée à une blessure du LCA notamment entre 20 et 30 degrés de flexion du genou (Alentorn-Geli et al., 2009a). En outre, la hanche doit être fléchie pour maintenir l'équilibre obligeant le quadriceps à se contracter encore plus. Les ischiojambiers sont moins activés et protègent donc moins le LCA (Mehl et al., 2018).

Le mécanisme sans contact le plus commun est une tâche de décélération avec un couple d'extension interne du genou élevé combiné à une rotation en valgus dynamique, le poids du corps étant déplacé sur la jambe lésée et le pied étant fixé à plat au sol (Alentorn-Geli et al., 2009a).

### **2.3.3 Ischiojambiers**

Les blessures aux ischiojambiers surviennent généralement lors d'une accélération rapide ou d'une décélération, durant un changement de direction à haute vitesse, ou encore pendant un saut (van Beijsterveldt, van der Horst, et al., 2013). En effet, l'étude de Warren et al. (2010) révèle que 69 % des joueurs ont expliqué avoir eu leur blessure sur un mécanisme de course. Le mécanisme le plus courant de blessure se produit durant la phase d'oscillation pendant une course à haute vitesse (Pizzari et al., 2020). Lors de la décélération de l'extension du genou, il y a un passage rapide et intense entre

la contraction en excentrique et celle en concentrique et c'est durant ce changement que les ischiojambiers sont vulnérables aux blessures (van Beijsterveldt, van der Horst, et al., 2013).

#### **2.3.4 Quadriceps**

Les blessures musculaires se produisent habituellement lors d'une action excentrique du muscle. Un travail excentrique du droit fémoral a lieu lors du sprint et lors de la frappe de balle. Le fait qu'il soit bi-articulaire fragilise davantage le muscle (Mendiguchia et al., 2013).

Pendant l'accélération, le muscle se retrouve en position excentrique lors de la première partie de la phase d'oscillation lorsque la hanche est en extension et le genou en flexion (Mendiguchia et al., 2013). Le muscle est para ailleurs étiré au maximum de sa longueur. Les joueurs de football font également beaucoup de changement de direction, d'arrêt brusque ou de décélération. Lors des décélérations, le tronc se retrouve penché en arrière. Il en résulte des forces de freinage supplémentaires imposant aux quadriceps une force excentrique plus importante (Mendiguchia et al., 2013).

Le mécanisme le plus courant de blessure au droit fémoral est tout de même la frappe de balle dans le football. En effet, lors de la phase d'oscillation, le joueur va armer sa frappe, une flexion du genou et une extension de hanche vont donc se produire entraînant une contraction en excentrique du droit fémoral pour freiner le mouvement. De plus, lorsque la jambe va s'élancer pour frapper dans la balle, la flexion excessive du genou va obliger le droit fémoral à s'activer pour contrer le mouvement. Il semblerait que la phase de contact au sol de la jambe qui a frappé dans la balle soit aussi en cause dans les blessures du droit fémoral avec un mécanisme similaire à celui de la décélération (Mendiguchia et al., 2013).

#### **2.3.5 Aine et adducteurs**

Les blessures à l'aine surviennent dans les sports qui requièrent des frappes de balle, des changements de direction soudains (Esteve et al., 2015 ; Maffey & Emery, 2007 ; Ryan et al., 2014) ou encore lors d'accélération rapide, de décélération, de virage ou de torsion (Ryan et al., 2014). Ces différentes situations sont présentes dans le football. Notamment, Serner et al. (2019) montrent qu'on retrouve principalement dans le football les changements de direction, la frappe et le tacle debout dans les blessures du long adducteur. En effet, les blessures à l'aine concernent principalement les adducteurs et donc notamment le long adducteur car il est soumis lors de ces mouvements à des forces excentriques qui augmentent le stress sur l'appareil musculosquelettique (Esteve et al., 2015 ; Hrysomallis, 2009) ainsi qu'à un sur-étirement puissant de la cuisse en abduction et en rotation externe (Hrysomallis, 2009 ; Maffey & Emery, 2007). L'objectif étant de réduire la vitesse de la jambe pendant l'abduction et la rotation externe rapide se produisant notamment lors d'un changement de direction soudain (Hrysomallis, 2009). Une activation des adducteurs associée à un

étirement important de celui-ci en abduction et rotation externe serait le mécanisme principal de blessure (Serner et al., 2019).

## 2.4 Facteurs de risque

### 2.4.1 Généralités

Tout d'abord, en s'appuyant sur la définition de l'OMS, on peut définir un facteur de risque de blessure comme « tout attribut, caractéristique ou exposition d'un sujet qui augmente la probabilité » qu'il subisse une blessure lors de la pratique de son sport. Ce risque est multifactoriel puisque ces facteurs peuvent être d'ordre anatomique, biomécanique mais également psychosocial. Afin de parvenir à l'élaboration d'un programme de prévention des blessures, nous allons prendre en considération les facteurs de risque anatomiques et biomécaniques.

Ces facteurs de risque peuvent se diviser en différentes catégories. Il existe notamment des facteurs intrinsèques qui sont propres à l'individu et des facteurs extrinsèques qui sont extérieurs à l'individu et liés à l'environnement. Il est également possible de les classer en facteurs non-modifiables et modifiables (F. Delvaux et al., 2017 ; Vuurbreg et al., 2018). Les facteurs modifiables sont des facteurs sur lesquels il va être possible d'agir, notamment par des mesures préventives, à l'inverse des facteurs non-modifiables.

### 2.4.2 Facteurs généraux dans le football

Des études ont identifié les antécédents de blessure comme le facteur de risque le plus important chez les footballeurs professionnels (Arnason et al., 2004 ; Mc Call, 2014) dans la mesure où il augmenterait de 4 à 7 fois le risque pour les 4 blessures principales : ischiojambiers, aine, cheville et genou (Arnason et al., 2004). La fatigue et les déséquilibres musculaires ont également été identifiés comme facteurs de risque pour les blessures sans contact dans le football professionnel même si les niveaux de preuves ne sont pas toujours élevés (Mc Call, 2014) ainsi que l'âge des joueurs (Arnason et al., 2004). On retrouve ces mêmes facteurs dans les blessures musculaires ainsi que le manque de souplesse ou encore la diminution de force (Hägglund et al., 2012).

Parmi les facteurs précédemment cités, seuls le manque de souplesse, la diminution de force ou les déséquilibres musculaires apparaissent comme des facteurs modifiables. Il semblait tout de même important de faire apparaître l'ensemble des facteurs de risque principaux afin de comprendre l'aspect multifactoriel entourant le risque de blessure et de concevoir que l'action envisagée porte seulement sur une petite partie du problème.

De manière plus spécifique, il va maintenant être intéressant de décrire les facteurs de risque correspondant à chaque zone identifiée dans les précédentes parties. Nous avons cette fois-ci choisi de ne faire apparaître que les principaux facteurs de risque intrinsèques modifiables.

### **2.4.3 Entorse de la cheville**

Les facteurs de risque modifiables les plus fortement retrouvés dans la littérature concernant les sportifs sont la flexion dorsale limitée (Vuurberg et al., 2018 ; Wikstrom et al., 2020), la proprioception réduite (Vuurberg et al., 2018) et les déficiences dans le contrôle postural et l'équilibre (Vuurberg et al., 2018 ; Wikstrom et al., 2020). À ces différents facteurs viennent s'ajouter des facteurs avec des niveaux de preuves moins importants comme l'IMC (Fousekis et al., 2012 ; Vuurberg et al., 2018), le temps de réaction des muscles fibulaires (Vuurberg et al., 2018 ; Wikstrom et al., 2020) ou encore les déséquilibres musculaires avec notamment une asymétrie de la force excentrique des fléchisseurs de la cheville par rapport à l'autre cheville (Fousekis et al., 2012). Le fait que les blessures interviennent surtout en fin de match pourrait interroger le rôle de la fatigue dans les blessures à la cheville (Wikstrom et al., 2020).

### **2.4.4 Entorse du genou**

La dominance des quadriceps est un facteur de risque des blessures au genou où le faible rapport ischiojambiers/quadriceps (I/Q) fragilise la stabilité de l'articulation (Mehl et al., 2018 ; Read et al., 2016). Il semblerait également qu'un déséquilibre de force droite-gauche des ischiojambiers de plus de 15 % soit prédicteur de blessure. Un angle de valgus du genou important est facteur de risque de blessure, notamment en augmentant les contraintes sur le LCA à l'atterrissage (Pfeifer et al., 2018 ; Read et al., 2016). Enfin, un déficit de l'équilibre dynamique et de la proprioception augmenterait le risque de blessures au membre inférieur chez les jeunes footballeurs (Alentorn-Geli et al., 2009a ; Mehl et al., 2018; Read et al., 2016).

Au niveau articulaire, une flexion réduite de la hanche et du genou durant l'atterrissage (Mehl et al., 2018) seraient des facteurs de risque. Enfin, la fatigue musculaire pourrait également augmenter le risque dans les blessures du LCA (Mehl et al., 2018 ; Pfeifer et al., 2018) notamment en altérant le contrôle neuromusculaire entraînant des changements négatifs dans le fonctionnement mécanique (Alentorn-Geli et al., 2009a).

### **2.4.5 Ischiojambiers**

Le déséquilibre musculaire s'inscrit comme un facteur de risque pour les ischiojambiers, notamment lors d'une asymétrie entre les ischiojambiers droit et gauche et lorsque qu'on observe un faible rapport ischiojambiers/quadriceps (F. Delvaux et al., 2017). En effet, on retrouve un manque de force des ischios-jambiers en excentrique (F. Delvaux et al., 2017 ; Pizzari et al., 2020) tandis que Freckleton & Pizzari (2013) ont montré qu'une augmentation du pic de force du quadriceps était un facteur de risque avéré dans la blessure des ischiojambiers. La souplesse et la longueur des ischiojambiers sont aussi des facteurs de risque (van Beijsterveldt, Port, et al., 2013), en effet, Green & Pizzari (2017)

expliquent que lorsque les faisceaux du biceps fémoral sont courts et inférieurs à un certain seuil, cela entraîne un risque plus important de déchirures aux ischiojambiers.

#### **2.4.6 Quadriceps**

Le quadriceps connaît lui aussi des facteurs de risque intrinsèques modifiables. On retrouve la souplesse qui semble en être un, même si les études sont contradictoires (F. Delvaux et al., 2017 ; Mendiguchia et al., 2013). Un déficit de force excentrique a également été observé sur un faible nombre (Mendiguchia et al., 2013).

#### **2.4.7 Aine et adducteurs**

Dans le sport, des études ont montré qu'un déséquilibre dans le ratio abducteurs/adducteurs en faveur des abducteurs de hanche était facteur de risque (Whittaker et al., 2015). Un déficit de force d'adduction serait en effet un facteur de risque de blessure notamment dans le football (Ryan et al., 2014). Un autre facteur important identifié dans les sports sur herbe était l'Indice de Masse Corporelle (Ryan et al., 2014). De plus, une diminution de l'amplitude en abduction de hanche et donc un manque de souplesse des adducteurs entraîne un risque plus élevé de rupture ou de tendinopathie des adducteurs (F. Delvaux et al., 2017 ; Hrysomallis, 2009 ; Ryan et al., 2014 ; Whittaker et al., 2015).

### **2.5 Exercices préventifs**

Pour prévenir les blessures, la stratégie la plus importante est l'utilisation d'exercices physiques (Fanchini et al., 2020) ciblant des facteurs de risque (Mc Call, 2014). Différents protocoles et programmes de prévention incluant des exercices physiques ont été établis et étudiés dans la littérature. Ces programmes qui incluent principalement des exercices de renforcement musculaire, de la souplesse et de l'équilibre proprioceptif ont montré une réduction du taux de blessures (Soomro et al., 2015 ; Pérez-Gómez et al., 2020).

Le renforcement musculaire en excentrique est celui qui semble avoir le plus d'intérêt, notamment dans les blessures musculaires (F. Delvaux et al., 2017 ; Fanchini et al., 2020 ; McCall et al., 2020) en améliorant la force excentrique, l'angle optimal du couple de force maximale et la longueur des faisceaux musculaires qui sont des facteurs de risque modifiables de lésions musculaires (McCall et al., 2020). Cela s'observe pour les ischiojambiers (McCall et al., 2020 ; Pérez-Gómez et al., 2020), les adducteurs (Harøy et al., 2019) ou encore les quadriceps (Mendiguchia et al., 2013). Le gainage (F. Delvaux et al., 2017 ; Mc Call, 2014) mais également les courses à haute intensité (McCall et al., 2020) permettraient également de réduire le risque de blessures musculaires.

Le travail d'équilibre proprioceptif, quant à lui, permet notamment de réduire l'incidence des entorses de la cheville (Mohammadi, 2007 ; Owoeye et al., 2018 ; Read et al., 2016) et du genou (Mc Call, 2014; Read et al., 2016). Pour ces dernières, le gainage du tronc et la pliométrie des membres inférieurs (Alentorn-Geli et al., 2009b) ont également montré leur efficacité.

Bien que le travail de la souplesse par des étirements soit présent dans beaucoup de programmes de prévention, les données offertes par la littérature sont assez contradictoires (F. Delvaux et al., 2017; Lauersen et al., 2014; Pérez-Gómez et al., 2020) et nous invitent à interpréter avec prudence leur réel intérêt.

### **3 Hypothèse/Objectifs**

Comme nous venons de le voir, les blessures dans le football sont un phénomène important puisqu'elles touchent beaucoup de joueurs chaque année. Elles réduisent notamment la performance des joueurs, de leur équipe ainsi que leur développement en tant que footballeur. La prévention qui à travers diverses stratégies, a montré son efficacité dans la réduction des blessures semble donc nécessaire. Ces stratégies s'appuient principalement sur des exercices cherchant à améliorer des facteurs de risque des blessures. En agissant sur les facteurs de risque modifiables, il est en effet possible de réduire le taux de blessure dans le football. Cependant, ces exercices nécessitent, pour la plupart, du matériel (charges, élastiques, mousses d'équilibre, ...), ce qui réduit l'accessibilité au plus grand nombre quel que soit le club ou le niveau de l'équipe.

L'objectif principal du mémoire est donc de concevoir un programme de prévention n'intégrant aucun matériel additionnel autre que le ballon qui agira sur certains facteurs de risque des principales blessures. Cela permettra potentiellement de réduire le risque de blessure à travers l'amélioration de ces facteurs de risque. Plus précisément, il s'agira d'améliorer la force excentrique qui est un facteur de risque dans les blessures aux ischiojambiers et aux adducteurs ainsi que l'équilibre des joueurs qui est un facteur de risque pour les entorses de la cheville et du genou.

Nous émettons ainsi l'hypothèse que la mise en place d'un programme de renforcement musculaire et d'équilibre sans matériel additionnel va améliorer les facteurs de risque choisis des principales blessures et potentiellement réduire le risque de blessure des joueurs.

Nous avons cherché à intégrer des facteurs communs à certaines blessures pour des questions logistiques. De plus, ces facteurs de risque se devaient d'être mesurables par des outils de terrain. Enfin, en tenant compte des données observées dans la littérature, il nous paraissait intéressant de d'utiliser ces facteurs-là. Le choix d'intégrer les quatre principales blessures que sont les lésions aux ischiojambiers et aux adducteurs ainsi que les entorses de la cheville et du genou a également fait suite aux recherches menées dans la littérature. Étant donné la volonté d'effectuer un programme d'une durée limitée, nous avons choisi de ne pas intégrer les quadriceps, étant donné qu'ils sont moins touchés que les ischiojambiers et les adducteurs au niveau des blessures musculaires.

## 4 Matériels et méthode

### 4.1 Caractéristique de la population

La population étudiée était l'équipe U19 évoluant en régional 1. Tous les joueurs composant l'équipe ont au départ été acceptés dans l'étude. Cependant, la non-participation à l'ensemble des tests a été un critère d'exclusion. De plus, tout joueur ayant été blessé durant la réalisation du programme a également été exclu afin de ne pas fausser les résultats des tests. Au final, seulement 8 joueurs sont inclus dans l'étude. L'âge moyen est de 17,4 ( $\pm 0,5$ ) ans. Leur taille moyenne est 176,9 ( $\pm 7,2$ ) cm pour 72,6 ( $\pm 19,7$ ) kg (**Annexe 1**). Tous les joueurs ont pour pied fort le droit. La moitié d'entre eux n'a eu aucune blessure jusque-là, tandis que dans l'autre moitié, on retrouve une entorse du genou, une déchirure aux ischiojambiers et 100% d'entorse de la cheville.

### 4.2 Contexte de l'intervention

L'ensemble des mesures a été réalisé au sein du complexe sportif des Gripôts et au stade Jean Macé situés à Saint Sébastien Sur Loire. Suite à la situation sanitaire, une partie des séances du programme s'est déroulée sur les terrains de football tandis qu'une autre partie a été réalisée par visioconférence. Les joueurs sont conscients de faire partie de cette étude et ont donné leur consentement libre et éclairé tout comme leurs parents. L'intervention n'est pas contrôlée, ni randomisée, ni menée en simple ou double aveugle et il n'y a pas de groupe contrôle.

### 4.3 Tests et évaluation des facteurs

Afin de mesurer une modification des facteurs de risque étudiés, nous avons utilisé différents tests réalisables sur le terrain de stage. Ces tests étant tous menés sur place, nous avons choisi d'utiliser un dynamomètre manuel (Micro-Fet 2) afin d'objectiver une amélioration de la force excentrique des ischiojambiers et des adducteurs. Concernant la mesure de l'équilibre, nous avons utilisé deux tests. Le Y balance test (YBT) a permis d'évaluer l'équilibre dynamique tandis que le Stork Test a permis de mesurer l'équilibre statique. Un échauffement de 10 minutes était effectué avant leurs réalisations. Les 2 jambes ont à chaque fois été testées. Ces tests se sont déroulés sur 4 séances en pré-interventionnel et sur une journée en post-interventionnel.

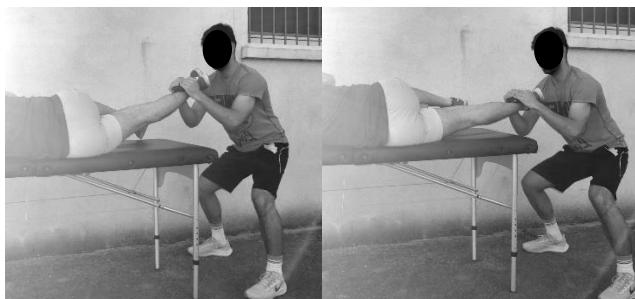
#### 4.3.1 Mesure de la force excentrique

Les mesures au dynamomètre de pression manuel sont fiables et valides (Goossens et al., 2015 ; Tyler et al., 2001 ; Whiteley et al., 2012), comparativement au dynamomètre isocinétique qui est le gold standard, à partir du moment où le test est reproduit dans les mêmes conditions lors des différentes sessions de mesure (même heure, conditions physiques habituelles). Les tests se sont déroulés sur une table de kinésithérapie. L'utilisation du break-test a permis de mesurer la force excentrique (Thorborg et al., 2010, 2011). Après avoir été démontré et expliqué par l'évaluateur, un premier essai pratique

était réalisé afin de se familiariser avec le matériel avant de réaliser 2 essais d'évaluation. Ces deux essais étaient espacés d'au moins une minute. Afin d'obtenir la mesure la plus précise et avec le moins de variations possibles, il fallait obtenir deux valeurs consécutives présentant moins de 5 % d'écart. Le test était répété jusqu'à l'obtention de ce plateau. La moyenne des deux valeurs était ensuite reportée (Thorborg et al., 2011). Ce processus a été engagé pour les adducteurs comme pour les ischiojambiers en commençant par la jambe droite.

#### Force excentrique des adducteurs

Le joueur était placé en décubitus latéral sur la table. La jambe non évaluée (jambe la plus éloignée de la table) était placée à 90° de flexion de genou et de hanche et reposait sur des coussins afin de la stabiliser (Krause et al., 2007). La jambe évaluée (proche de la table) était quant à elle en position droite à 30 cm au-dessus du sol. Le dynamomètre était placé à 2,5 cm au-dessus de la malléole sur la face interne de la jambe (Tyler et al., 2001). Le joueur avait pour consigne de ne pas se tenir à la table et de pousser contre le dynamomètre lors du signal. Il fallait dans un premier temps que la jambe du joueur aille au contact du dynamomètre afin de réaliser une contraction isométrique de 3 secondes, puis au signal « top », le joueur devait pousser le plus fort possible contre le dynamomètre et résister au mouvement appliqué vers le bas par l'évaluateur afin de chercher la rupture. La jambe était donc amenée par l'évaluateur de l'adduction vers l'abduction (**Figure 2**).



**Figure 2** : Test de la force excentrique des adducteurs au dynamomètre manuel

#### Force excentrique des ischio-jambiers

Concernant les ischiojambiers, le joueur était positionné sur le ventre. Il avait pour consigne de ne pas se tenir à la table et de ne pas décoller les fesses et le bassin. La jambe évaluée était placée à 45 degrés tandis que l'autre était droite. Le dynamomètre était placé à 2,5 cm au-dessus de la malléole sur la face postérieure de la jambe. Il fallait dans un premier temps que la jambe du joueur aille au



**Figure 3** : Test de la force excentrique des ischiojambiers au dynamomètre manuel

contact du dynamomètre afin de réaliser une contraction isométrique de 3 secondes, puis au signal « top », le joueur devait pousser le plus fort possible contre le dynamomètre et résister au mouvement appliqué vers le bas par l'évaluateur afin de chercher la rupture. L'évaluateur était donc placé en bout de table et devait amener la jambe de la flexion de genou à 45° à 15° d'extension du genou (Whiteley et al., 2012) (**Figure 3**).

#### 4.3.2 Mesure de l'équilibre

##### Y balance test

Le Y balance test a pour objectif d'évaluer l'équilibre dynamique (Jagger et al., 2020). Inspiré du Modified Star Excursion Balance Test (mSEBT), ses 3 directions permettent de faciliter sa réalisation et son efficacité. Ce test a été prouvé comme fiable et valide (Butler et al., 2012). Les 3 directions forment un Y inversé que nous avons matérialisé au sol à l'aide de mètres-ruban. Le test se compose d'un axe antérieur formant deux angles de 135° avec l'axe postéro-médial et l'axe postéro-latéral (ces deux derniers forment un angle de 90°). Le Y balance se différencie du mSEBT par le fait de faire glisser un indicateur le long d'un cadre statique tout en maintenant l'équilibre plutôt que d'utiliser seulement son pied. Cette différence permet notamment de corriger certaines limites du Star Excursion Balance Test (SEBT) et évaluer une meilleure qualité du mouvement, notamment en permettant à l'évaluateur de se focaliser sur l'observation de la jambe d'appui et sa technique et non pas sur la distance réalisée (Jagger et al., 2020). Ne disposant pas du matériel, nous avons adapté le test en utilisant des coussins servant d'indicateur et de mètre-rubans pour la direction et la distance réalisée (**Figure 4**).



**Figure 4 :** Le Y balance Test et ses 3 directions (A : schéma des 3 directions ; B : Antérieur ; C : Postéromédial ; D : Postérolatéral)

Concernant la réalisation, le test devait être effectué sans chaussures, les mains positionnées sur les hanches et le pied en appui se trouvant derrière la ligne de départ prédéfinie (convergence des différentes lignes au point zéro) au niveau du deuxième orteil (Coughlan et al., 2012). L'autre pied devait pousser les coussins dans les 3 directions le plus loin possible (la distance était exprimée en centimètres (cm) ). Le test n'était pas validé si le joueur n'arrivait pas à maintenir l'appui unipodal (le pied touche le sol), le participant tapait dans le coussin et ne maintenait donc pas le contact avec

celui-ci, le joueur utilisait le coussin pour s'appuyer (le pied se pose sur le dessus de la plaque à déplacer), le pied se soulevait au niveau du talon (l'appui plantaire doit être entier), les mains quittaient les hanches et s'il n'y avait pas de contrôle du pied qui pousse lors du retour à la position de départ (perte d'équilibre) (Butler et al., 2012 ; Coughlan et al., 2012 ; Jagger et al., 2020). Le test a été présenté par l'évaluateur avant que les joueurs réalisent 3 essais pratiques dans chaque direction. Le test était ensuite réalisé 3 fois et le meilleur des 3 essais pour chaque direction était conservé (Jagger et al., 2020). Le temps de repos entre les essais correspondait au temps nécessaire à la lecture, à la retranscription puis à la remise en place du matériel par l'évaluateur (Butler et al., 2012).

### Standing stork Test

Ce deuxième test avait pour objectif d'évaluer l'équilibre statique des joueurs. Le test a également été démontré par l'évaluateur aux joueurs puis 2 essais pratiques leur permettait de se familiariser. Le test était réalisé ensuite 3 fois et le meilleur temps était retenu. Il devait être réalisé sans chaussure, les yeux ouverts et les mains posées sur les hanches. Le joueur devait se mettre sur une jambe, le pied de la jambe opposée posé sur la face interne du genou en appui. La consigne était ensuite de soulever le talon du sol et maintenir l'équilibre le plus longtemps possible (**Figure 5**). Le chronomètre était déclenché lorsque le talon décollait du sol et stoppé si les mains quittaient les hanches, le pied bougeait de sa position initiale, le talon touchait le sol ou si le pied posé contre le genou le quittait (Hammami et al., 2016; McCurdy & Langford, 2006). Le temps était exprimé en secondes (s).

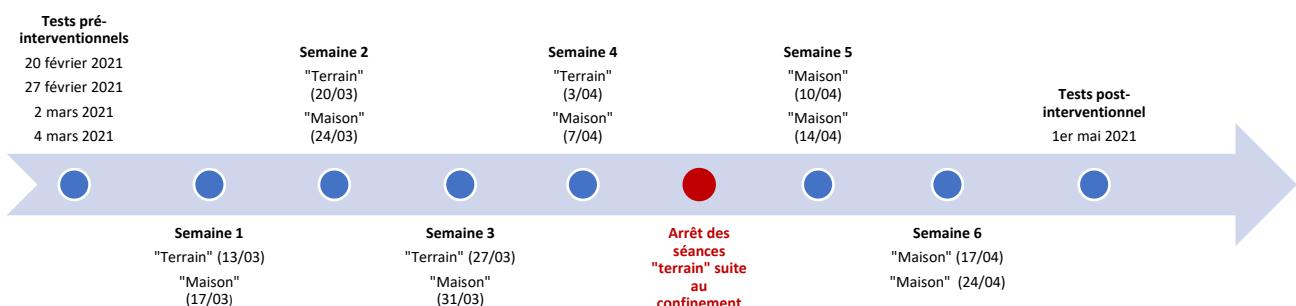


**Figure 5** : Position au stork test

## 4.4 Programme de prévention

### 4.4.1 Caractéristiques du programme

Le programme a été mis en place durant 6 semaines à raison de deux fois par semaine afin de se rapprocher au maximum d'une préparation de présaison de football. Le couvre-feu instauré ne permettant pas de réaliser les deux séances par semaine sur le terrain, une séance avait lieu le mercredi en visioconférence tandis que l'autre avait lieu le samedi matin durant l'entraînement (**Figure 6**).



**Figure 6** : Chronologie interventionnelle

Le programme « terrain » initialement créé comportait des exercices non-exécutables à la maison, notamment du fait de leur réalisation par deux. Un programme « Maison » plus adapté et réalisable seul chez-soi a donc été créé. Nous avons cherché à maintenir un niveau équivalent de travail entre les deux programmes bien que des différences existent. Parmi les 12 séances réalisées, les quatre dernières séances ont toutes été faites à la maison en raison du confinement instauré durant la réalisation du programme portant ainsi le nombre de séances « maison » à 8 pour 4 séances « terrain ». Les deux programmes sont conçus de la même manière. Ils sont divisés en deux parties : une partie renforcement musculaire et une partie équilibre.

La partie renforcement musculaire contient deux exercices. L'un concerne le travail excentrique des ischiojambiers tandis que l'autre concerne le travail excentrique des adducteurs. Nous avons choisi d'utiliser le travail excentrique pour plusieurs raisons : un déficit de force excentrique est un facteur de risque identifié pour les deux muscles ainsi qu'un mécanisme lésionnel, ensuite il permet un gain de force plus important par rapport aux autres formes de travail musculaire. Au cours des 6 semaines, chaque exercice comportait toujours 3 séries par jambe tandis que le nombre de répétitions variait entre 5 (au début du programme) et 15 répétitions (à la fin du programme) (**Tableau 1, Annexe 2**). En effet, afin d'améliorer sa force, il est nécessaire d'avoir une surcharge progressive au cours du programme. Bien que plusieurs autres possibilités existent pour augmenter la charge, nous avons choisi de modifier le nombre de répétitions notamment du fait de travailler à poids de corps.

La partie équilibre est quant à elle composée de 3 exercices d'équilibre: l'un ciblant la cheville, l'autre le genou et le dernier l'équilibre dynamique. La progression durant les 6 semaines se faisait à travers l'augmentation de la difficulté des exercices. En effet, 3 niveaux de difficulté ont été définis dans le programme pour chaque type d'exercices (Niveaux 1 à 3). Lors du passage d'un niveau à un autre, nous avons cherché à réduire la stabilité. Un niveau intermédiaire (+) a également été intégré pour les exercices pour lesquels cela était possible et consistait à croiser les mains sur le buste afin d'augmenter la difficulté. La progression au cours des 6 semaines s'effectuait donc de la manière suivante : Niveau 1, Niveau 1 (+), Niveau 2, Niveau 2(+), Niveau 3, Niveau 3(+) (**Tableau 2, Annexe 2**). Le nombre de séries était quant à lui fixe, avec 2 séries par jambe.

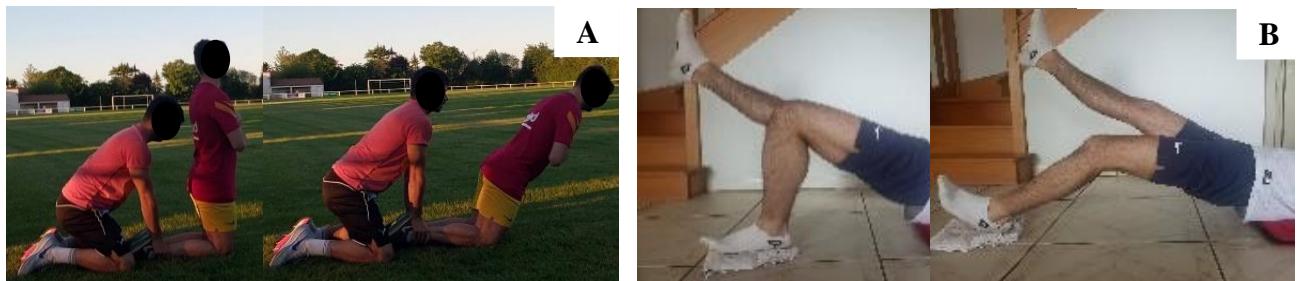
Selon le nombre de répétitions ou le niveau de difficulté, la durée du programme variait entre 30 et 40 minutes. Lors de la session qui avait lieu pendant l'entraînement, celui-ci se déroulait en fin ou en début d'entraînement mais était dans ce cas précédé d'un échauffement.

#### 4.4.2 Exercices de renforcement musculaire en excentrique

##### Exercice 1: Ischiojambiers

Reconnu comme efficace dans la prévention des lésions des ischiojambiers, nous avons choisi d'utiliser le Nordic Hamstring (**Figure 7A**) sur le terrain qui est un exercice supramaximal à poids de corps. Il se réalise par 2 avec un joueur réalisant l'exercice, positionné genoux redressés, le buste aligné avec les cuisses vers le haut. Le second joueur se trouve derrière le premier et lui maintient ses chevilles en exerçant une pression vers le bas afin d'éviter que les pieds décollent. Il est ensuite demandé au joueur de freiner la chute vers l'avant le plus longtemps possible (au moins 5 secondes) jusqu'au sol où il va utiliser ses bras pour amortir puis revenir à la position initiale. L'alignement entre la cuisse et le buste doit être maintenu lors de la descente pour maximiser le travail des ischiojambiers (Petersen 2011). Le temps de repos entre les séries correspond au temps nécessaire à la réalisation d'une série par son coéquipier, les joueurs alternant les séries.

Le Nordic Hamstring étant difficilement réalisable seul chez-soi, nous avons choisi d'utiliser le leg curl slide à une jambe (**Figure 7B**). Afin d'augmenter la charge de travail, le travail s'effectue sur une seule jambe. Le joueur se munit d'un objet glissant (serviette, bonnet, chiffon, ...) qu'il place sous le talon de la jambe qui travaille. Allongé sur le dos, le joueur plie ses genoux et relève le bassin pour aligner le tronc et les cuisses. Dans cette position, le joueur lève la jambe libre pour ne garder qu'un seul talon au sol. Il est demandé au joueur de tendre la jambe qui travaille, en écrasant le talon contre le sol et en freinant le mouvement en 5 secondes minimum. Durant le mouvement, le joueur doit veiller à avoir les fesses le plus haut possible et l'alignement tronc/cuisse maintenu. Pour revenir à la position de départ, il est demandé au joueur de poser les fesses au sol une fois le mouvement terminé et de ramener les deux jambes avant de relever le bassin et refaire le mouvement. Le joueur alterne les 2 jambes afin d'avoir un temps de repos.



**Figure 7** : Exercices de renforcement des ischio-jambiers : A : Nordic Hamstring ; B : Leg curl slide à 1 jambe

##### Exercice 2: Adducteurs

Le travail des adducteurs en excentrique à travers l'utilisation du Copenhagen Adduction a montré son efficacité dans la littérature en terme de prévention et de gain de force (Harøy et al., 2019 ; L.

Ishøi et al., 2016). Nous avons donc choisi de l'utiliser dans notre programme « Terrain » (**Figures 8A et 8B**). Il s'agit d'un exercice réalisé par 2 : le joueur le réalisant se trouve en position allongée sur le côté en appui sur l'avant-bras tandis que l'autre bras est placé le long du corps. La jambe la plus éloignée du sol est maintenue à hauteur de hanche par son partenaire au niveau du genou et de la cheville. Le joueur soulève ensuite son corps pour avoir un alignement de haut en bas et vient coller la jambe la plus basse à celle tenue. Cette position correspond à celle de départ. Il va être demandé au joueur d'abaisser le corps à mi-hauteur du sol tandis que la jambe la plus basse va s'écartez de l'autre jambe en allant vers le bas. Le joueur va devoir freiner ce mouvement durant environ 5 secondes jusqu'à venir toucher le sol sans s'en servir d'appui puis revenir à la position de départ de manière plus rapide. L'exercice est à effectuer des deux côtés (Harøy et al., 2017 ; L. Ishøi et al., 2016). Le temps de repos correspond au moment où le partenaire réalise l'exercice.

Contrairement aux ischiojambiers, nous avons réutilisé le même exercice pour le programme « Maison » en l'adaptant au fait d'être seul pour le réaliser. En effet, afin de remplacer le partenaire pour tenir la jambe la plus éloignée du sol, il était demandé aux joueurs de se munir d'une chaise, et idéalement d'une chaise haute ou d'un rebord de bureau afin d'être le plus proche possible de la hauteur de hanche (**Figures 8C et 8D**). Le joueur devait ensuite positionner sa jambe sur la chaise et réaliser le même mouvement décrit plus haut. Le temps de repos était de 90 secondes entre les séries.



**Figure 8** : Exercices de renforcement des adducteurs : A : Départ au Copenhagen Adduction par 2 ; B : Arrivée au Copenhagen Adduction par 2 ; C : Départ au Copenhagen Adduction avec chaise ; D : Arrivée au Copenhagen Adduction avec chaise

#### 4.4.3 Exercices d'équilibre

Afin de rendre les exercices plus intéressants pour les joueurs, un maximum d'exercices a été réalisé avec un ballon, notamment dans le programme « terrain » par des échanges de passes ou des remises par deux sur le terrain. Les joueurs étaient éloignés d'environ 4 mètres.

Tous les exercices étaient réalisés de manière unipodale (sur une jambe). Un exercice était réussi si le pied oscillant n'était pas posé du début à la fin, et si la personne ne sautillait pas sur place pour se

rééquilibrer. Le nombre de tours ou de répétitions selon l'exercice et le niveau de difficulté sont disponibles en **Annexe 3**.

### Exercice 3: Equilibre axé sur la cheville

Pour l'ensemble des exercices concernant la cheville, il était demandé d'avoir le genou tendu et le buste droit afin de cibler au maximum un travail de la cheville.

#### ➤ Programme « Terrain »

Le niveau 1 consistait par deux, à se positionner sur une jambe face à face et d'échanger le ballon au sol avec contrôle obligatoire de l'intérieur ou de l'extérieur du pied (**Figure 9**).



**Figure 9 :** Niveau 1 Cheville, programme « Terrain »

Le niveau 2 consistait également à être sur une jambe et échanger des passes par deux, mais à cela s'ajoutait la réalisation d'un tour de la jambe en appui avec le ballon avant la passe (**Figure 10**).



**Figure 10 :** Niveau 2 Cheville, programme « Terrain »

Enfin, toujours en appui unipodal, le dernier niveau consistait à échanger le ballon cette fois-ci en hauteur. Le joueur en possession du ballon dans les mains devait l'envoyer en volée à son partenaire qui le réceptionnait à la main avant de le renvoyer de la même manière (**Figure 11**).



**Figure 11 :** Niveau 3 Cheville, programme « Terrain »

#### ➤ Programme « Maison »

Le niveau 1 consistait à se mettre en appui unipodal, à lever la jambe opposée à 90° et à faire passer le ballon autour de soi. Pour réaliser un tour, le ballon devait passer autour de la tête, du tronc et sous la jambe levée (**Figure 12A**). Pour le niveau 2, il fallait se mettre sur une jambe et avec l'autre pied

faire passer le ballon au sol autour de la jambe en appui (**Figure 12B**). Concernant le dernier niveau, le joueur devait se positionner en unipodal avec le genou de la jambe et fermer les yeux (**Figure 12C**).



**Figure 12** : Exercices de la cheville du programme « Maison » : A : Niveau 1 ; B : Niveau 2 ; C : Niveau 3

#### Exercice 4: Equilibre axé sur le genou

Il était demandé aux joueurs de déverrouiller le genou afin de cibler davantage le travail du genou. Ils devaient donc faire attention à contrôler le genou et à le maintenir dans l'axe durant les exercices.

##### ➤ Programme « Terrain »

Le niveau 1 (**Figure 13**) consistait à échanger le ballon à la main en étant positionné sur une jambe, genou déverrouillé, face à face.



**Figure 13** : Niveau 1 Genou, Programme « Terrain »

Pour le niveau 2, l'exercice était réalisé seul et sans ballon. Le joueur devait aller toucher le sol avec le bout des orteils sans prendre appui dans 4 directions : en avant, en arrière, à gauche et à droite (**Figure 14**).



**Figure 14** : Niveau 2 Genou, Programme « Terrain »

Enfin, le niveau 3 était lui aussi réalisé seul mais avec un ballon tenu dans les mains. Le but était d'aller dans 3 directions : devant à gauche, devant au centre et devant à droite. Pour chaque direction, le joueur devait déposer le ballon au sol le plus loin possible, revenir à la position initiale, puis reprendre le ballon, avant de changer de direction (**Figure 15**).



**Figure 15 :** Niveau 3 Genou, Programme « Terrain »

➤ Programme « Maison »

Pour le programme à réaliser à la maison, les niveaux 2 et 3 étaient les mêmes que pour le programme « terrain ». Le niveau 1 consistait lui à se positionner en unipodal et à faire rebondir le ballon autour de soi avec la main (**Figure 16**).



**Figure 16 :** Niveau 3 Genou, Programme « Terrain »

Exercice 5 : Equilibre dynamique

➤ Programme « Terrain »

Les 3 niveaux d'exercices étaient réalisés par deux avec un joueur réalisant l'exercice et l'autre envoyant le ballon à la main pour les remises. Le niveau 1 consistait à réaliser un saut latéral aller-retour de part et d'autre d'une ligne puis de se stabiliser avant de faire une remise du pied en une touche (**Figure 17**), d'abord dans un sens puis dans l'autre.



**Figure 17 :** Niveau 1 Dynamique , Programme « Terrain »

Lors du niveau 2, il était demandé au joueur de se positionner sur un pied, puis de réaliser 4 sauts formant ainsi une croix : vers l'arrière, la droite, la gauche et l'avant, puis d'enchainer par une remise du pied en une touche une fois stabilisé (**Figure 18**). Il fallait tourner dans un sens puis dans l'autre.



**Figure 18 :** Niveau 2 Dynamique, Programme « Terrain »

Enfin, le dernier niveau consistait à se positionner sur une jambe face à son partenaire, puis de réaliser un saut avec une rotation de  $90^\circ$  vers un côté puis de revenir en position initiale sans temps de pause pour faire une remise au partenaire qui lançait le ballon (**Figure 19**). Là encore, les sauts étaient réalisés vers un côté puis vers l'autre.



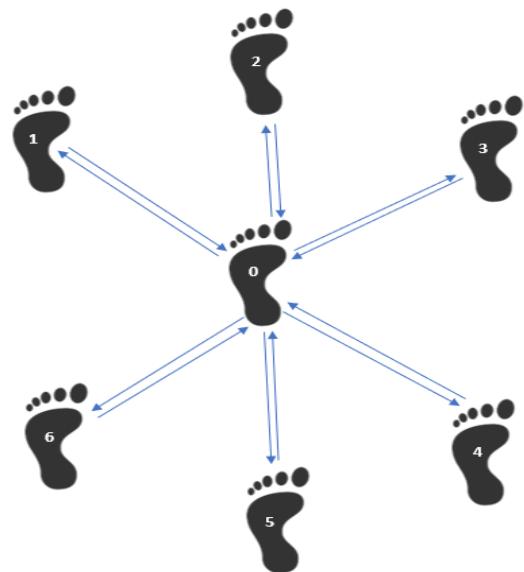
**Figure 19 :** Niveau 3 Dynamique, Programme « Terrain »

#### ➤ Programme « Maison »

Pour le niveau 1, il s'agissait du même exercice que pour le « terrain » mais la remise était remplacée par un maintien de 3 secondes lors de chaque retour à la position initiale (**Figure 17**).

Pour le niveau 2, le joueur devait réaliser des sauts unipodaux aller-retour en étoile (6 directions) : avant gauche, avant, avant droite, arrière droite, arrière, arrière gauche (**Figure 20**).

Enfin, pour le dernier niveau, des sauts en rotation étaient demandés au joueur. Un tour comprenait un enchainement d'un saut à  $90^\circ$  vers la gauche, un saut à  $90^\circ$  vers la droite, puis encore un saut à  $90^\circ$  vers la droite avant de terminer par un dernier saut de  $180^\circ$  (**Figure 21**). Il fallait ensuite stabiliser 5 secondes avant de recommencer.



**Figure 20 :** Niveau 2 Dynamique, Programme « Maison» (la position 0 correspond à la position de départ, les numéros sont croissants et définissent l'ordre des sauts)



**Figure 21 :** Niveau 3 Dynamique, Programme « Maison»

#### 4.5 Statistiques

Pour l'ensemble des valeurs mesurées, étant donné la faible population ( $N=8$ ) constituant notre étude, nous avons choisi d'utiliser un test non-paramétrique. Ce test permet la comparaison intra-groupe entre T1 (avant le programme) et T2 (après le programme), il s'agit du test des rangs signés de Wilcoxon. L'intervalle de confiance était de 95 % avec un seuil de significativité de  $p<0,05$ .

### 5 Résultats

Afin de faciliter la lecture des résultats, nous avons choisi d'exprimer les données à travers leur pourcentage d'amélioration.

#### 5.1 Force excentrique

Lors des tests au dynamomètre manuel, les valeurs qui correspondaient à la force maximale obtenue étaient exprimées en Newton (N).

**Tableau 1 :** Valeurs de la force excentrique (en Newton) au dynamomètre manuel et % d'amélioration

Force (N)	Test 1 (ET)	Test 2 (ET)	T2-T1 (ET)	% (ET)	P
<b>Adducteurs</b>					
Dominant	262 (41)	271 (39)	20 (20)	9,3 (10,3)	0,055
Non dominant	254 (34)	276 (36)	22 (23)	9,2 (8,5)	0,055
<b>Ischio-jambiers</b>					
Dominant	332 (73)	358 (87)	26 (25)	7,9 (6,7)	0,016*
Non dominant	316 (77)	345 (87)	29 (21)	9,7 (7,4)	0,008*

Notes : N : Newtons ; % : pourcentage d'amélioration ; P : p-value ; ET : écart-type ; \* : significatif

L'ensemble des données sont retranscrites dans le **tableau 1**. Le test de Wilcoxon ne montre aucune différence significative pour la force excentrique des adducteurs du côté dominant (CD) ( $p=0,055$ ). On remarque tout de même une amélioration de 9,3 % entre T1 (262 N  $\pm 41$ ) et T2 (271 N  $\pm 39$ ). Concernant la force excentrique des adducteurs du côté non-dominant (CND), le test ne montre aucune différence significative ( $p=0,055$ ) malgré une amélioration de 9,2 % entre T1 (254 N  $\pm 34$ ) et

T2 (276N±36).

Le test de Wilcoxon concernant la force excentrique des ischiojambiers du côté dominant est quant à lui significatif ( $p=0,016$ ) avec une amélioration de 7,9 % entre T1 (332 N ±73) et T2 (358 N ±87). Enfin, pour la force excentrique des ischiojambiers du côté non dominant, une différence significative est également observée ( $p=0,008$ ). Une amélioration de 9,7 % entre T1 (316 N ±77) et T2 (345 N ±87) est visible.

## 5.2 Equilibre

Les valeurs sont disponibles dans le **tableau 2**. Les données obtenues au YBT ont été normalisées par rapport à la longueur de la jambe (LJ) (EIAS - malléole médiale) en utilisant la formule suivante : (Distance (cm) / LJ (cm)) x 100. Elles sont exprimées en pourcentage de la longueur de la jambe en appui. Un score composite correspondant à la moyenne des 3 directions a également été réalisé (Bulow et al., 2019). Les résultats au stork test sont quand à eux exprimés en secondes (s).

**Tableau 2 :** Valeurs de la mesure de l'équilibre au YBT (%) et au Stork Test (s)

	<i>Test 1 (ET)</i>	<i>Test 2 (ET)</i>	<i>T2-T1 (ET)</i>	<i>% (ET)</i>	<i>P</i>
<i>Stork Test (s)</i>					
<i>Dominant (s)</i>	<b>17,98 (8,95)</b>	<b>21,73 (13,09)</b>	<b>3,75 (5,3)</b>	<b>19,12 (26,16)</b>	<b>0,08</b>
<i>Non dominant (s)</i>	<b>15,61 (8,71)</b>	<b>18,53 (10,26)</b>	<b>2,92 (3,94)</b>	<b>23,45 (26,54)</b>	<b>0,11</b>
<i>Y balance Test (%)</i>					
<i>Dominant (SC)</i>	<b>99,49 (7,45)</b>	<b>102,01 (9,79)</b>	<b>2,52 (4,13)</b>	<b>2,65 (4,22)</b>	<b>0,11</b>
<i>Non dominant (SC)</i>	<b>100,62 (9,12)</b>	<b>103,49 (9,6)</b>	<b>2,87 (2,03)</b>	<b>3,04 (2,01)</b>	<b>0,02*</b>

Notes : SC : Score composite ; s : secondes ; % : pourcentage d'amélioration entre T1 et T2 ; P : p-value ; ET : écart-type ; \* : significatif

Concernant le Stork test du côté dominant, les résultats ne montrent aucune différence significative ( $p=0,008$ ) entre T1 (17,98 s ±8,95) et T2 (21,73 s ±13,09). Cette différence correspond tout de même à une amélioration du temps de 19,12 %. Concernant la jambe non dominante, aucune différence significative ( $p=0,11$ ) n'a également été trouvée entre T1 (15,61 s ±8,71) et T2 (18,53 s ±10,26). Cette différence correspond à une progression de 23,45 % de temps de maintien. Concernant le score composite au YBT pour le membre dominant, le test ne montre aucune différence significative ( $p=0,11$ ) entre T1 (99,49 % ±7,45) et T2 (102,01 % ±9,79). Cette différence correspond à une augmentation de 2,65 % du score composite. Pour la jambe non-dominante, le test montre que les résultats à T2 (103,49 % ±9,6) sont significativement supérieurs à T1 (100,62 % ±9,12) avec une augmentation de 3,04 % ( $p=0,02$ ).

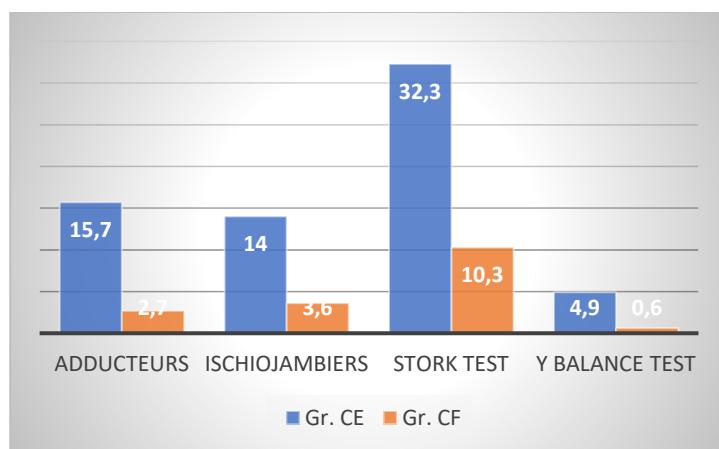
### 5.3 Compliance au sein du groupe

La compliance, exprimée en pourcentage, est obtenue par le calcul suivant :

(Nombre de séances réalisées / Nombre total de séances) x 100.

Il est important de signaler que le taux de compliance est très hétérogène avec des taux allant de 25 % à 100 % de participation avec un écart-type à 30,6. La moyenne est de 63,5 %. Les données obtenues (% d'amélioration) par joueur pour chacun des tests sont disponibles en **Annexe 4 (Tableau 1 et 2)**.

Afin de comprendre cette hétérogénéité au sein du groupe, nous avons choisi de comparer un groupe (N=4) ayant une compliance supérieure à 90 % (Joueurs 1 à 4, **Annexe 4**) avec un second groupe (N=4) ayant une compliance inférieure à 50 % (Joueurs 5 à 8, **Annexe 4**). Pour cela, nous avons confronté l'amélioration moyenne des deux jambes à chacun des tests des deux groupes.



**Figure 22 :** Comparaison des améliorations moyennes entre un groupe CE (Compliance élevée) et un groupe CF (compliance faible) pour chaque test (exprimé en %)

Pour chacun des tests, on remarque que l'amélioration est nettement supérieure pour le groupe compliance élevée (CE) par rapport au groupe compliance faible (CF). En effet, le groupe CE a obtenu des gains de force 5,8 fois supérieurs pour les adducteurs et 3,9 fois supérieurs pour les ischiojambiers par rapport au groupe CF. Concernant l'équilibre, l'amélioration au stork test du groupe CE est de 3,1 fois celle du groupe CF, et de 8,2 fois celle du groupe CF au Y balance test.

## 6 Discussion

### 6.1 Interprétation des résultats et mise en relation avec la littérature

#### 6.1.1 Force excentrique

Les résultats concernant les ischiojambiers nous montrent une amélioration significative de la force excentrique entre T1 et T2 pour les deux jambes (dominant : 7,9 % , p=0,016 ; non-dominant : 9,7 % , p=0,008). Ces résultats confirment notre hypothèse de départ selon laquelle le programme mis en place concernant les ischiojambiers permet d'améliorer la force excentrique en 6 semaines.

Le programme réalisé correspond aux recommandations issues de la revue systématique de Gérard et al. (2020) selon lesquelles afin d'obtenir des effets sur la force excentrique, les programmes à poids de corps devraient durer entre 4 et 6 semaines. Ils devraient également inclure 2 à 3 séances de 2 à 6 séries avec 5 à 12 répétitions et 30 secondes à 3 minutes de récupération entre les séries.

Parmi les exercices excentriques, le Nordic hamstring apparaît comme l'exercice à poids de corps le plus efficace et le plus bénéfique et c'est pourquoi on le retrouve dans de nombreuses études. L'étude de Mjolsnes (2004) par exemple, montre que l'utilisation de cet exercice deux fois par semaine pendant 10 semaines permet une augmentation de 11% de la force excentrique. Ces résultats sont supérieurs aux 7,9 et 9,7 % obtenus dans notre programme, mais il est important de signaler qu'il ne se déroule que sur 6 semaines. De plus, le Nordic hamstring au sein de notre programme n'a finalement été présent qu'un tiers du temps étant donné l'adaptation au contexte sanitaire. Même s'il n'est pas possible de connaître la réelle implication du Nordic hamstring dans nos résultats, cela nous laisse penser que l'exercice mis en place dans le programme « maison » a été efficace.

Diverses études comme celles d'Arnason et al. (2004) ou Al Attar et al. (2017) ont montré l'effet d'un programme excentrique sur la réduction des blessures aux ischiojambiers. Étant donné les résultats obtenus, par l'augmentation de la force excentrique, nous avons réduit un facteur de risque des blessures aux ischiojambiers et agit indirectement de manière préventive.

Contrairement aux résultats obtenus pour les ischiojambiers, l'hypothèse selon laquelle notre programme de renforcement des adducteurs à poids de corps de 6 semaines permet d'améliorer significativement la force excentrique n'est pas confirmée. En effet, la force excentrique des adducteurs n'a pas eu d'amélioration significative entre T1 et T2 même si on retrouve une augmentation de 9,1 (CND) et 9,3 % (CD) avec des résultats tendants vers la significativité ( $p=0,055$  et  $0,055$ ).

Contrairement aux exercices pour les ischiojambiers, nous avons pu aménager le Copenhagen adduction dans le programme « maison ». Ce test est considéré comme le plus efficace pour améliorer la force des adducteurs. Harøy et al. (2017) ont étudié la force excentrique des adducteurs suite à l'intégration du Copenhagen adduction dans le programme « fifa 11+ » à raison de 3 séances par semaine durant 8 semaines. Ils ont obtenu une amélioration de 8,9 %, légèrement inférieure aux résultats de notre programme et avec un nombre de séance plus conséquent. Deux autres études montrent cependant des résultats nettement supérieurs avec 35,7 % (L. Ishøi et al., 2016) et 24,5 % (Polglass et al., 2019) d'augmentation de la force excentrique des adducteurs. En s'appuyant sur l'étude de Ishøi & Thorborg (2021), il semblerait que le nombre de répétitions soit un facteur important à prendre en compte dans un programme. En effet, un nombre total de répétitions situé entre 500 et 800 permettrait une augmentation de 10 à 40 % tandis que les répétitions inférieures à

500 ne le permettraient pas. Notre nombre total de répétitions (351) pourrait donc expliquer l'amélioration inférieure à 10 % pour les deux jambes.

### **6.1.2 Equilibre statique et dynamique**

Nous avons observé une amélioration significative de l'équilibre dynamique au Y balance test ( $p=0,02$ ) du côté non-dominant mais non significative de l'autre ( $p=0,11$ ). On peut donc seulement confirmer partiellement notre hypothèse de départ. Cependant, même si le programme n'a permis une amélioration significative que d'un côté, une amélioration est visible sur les deux jambes avec des valeurs assez proches. Cette augmentation est en accord avec l'étude de Del Rabal et al. (2018). En effet, ils ont réalisé un protocole de prévention de la cheville chez des footballeuses durant 5 semaines (25 séances) intégrant 3 exercices (sans matériel) par séance, soit 1 h 25 par semaine consacrée à la cheville. Ils ont ainsi obtenu une amélioration significative au SEBT de 4,26 %. Bien que nos résultats soient inférieurs à ceux exposés, le nombre de séances que nous avons réalisé est réduit de moitié. Cela nous laisse penser que les exercices mis en place durant notre programme sont efficaces. Cette même étude nous indique que le taux de blessures pour les entorses de la cheville a chuté de 33,6 % et est comparable à d'autres études. On peut donc suggérer que notre programme aurait également un effet sur le taux de blessures aux chevilles. De plus, une autre étude de Filipa et al. (2010) a réalisé un programme neuromusculaire à raison de 2 séances par semaine (soit environ 2 h) durant 8 semaines. Les résultats obtenus aux tests (3 % d'amélioration) sont en accord avec les nôtres. Ce programme intégrant des exercices avec du matériel, cela nous permet d'en déduire qu'un programme proposant des exercices sans matériel additionnel semble tout aussi intéressant même s'il est important de signaler que les exercices diffèrent. L'étude de Daneshjoo et al. (2012) a observé durant 24 séances (2 mois) l'effet du protocole « Fifa11+ » et de l'harmoknee (HK) sur l'équilibre statique et dynamique. Ils consacrent tous deux une partie à des exercices d'équilibre statiques et dynamiques proches de ceux que nous avons intégré au programme (sauts, maintien unipodal, ...). Les résultats au SEBT dans les deux protocoles sont nettement supérieurs aux nôtres. Cette dernière étude nous invite donc à rester prudent quant à l'efficacité de notre programme sur l'équilibre dynamique, d'autant plus que les effets significatifs ne sont présents que d'un côté.

Dans cette même étude de Daneshjoo et al. (2012), des augmentations significatives au stork test de 10,9 % pour le « 11+ » et de 6,1 % pour le « HK » ont été retrouvées. Notre programme montre des améliorations nettement supérieures avec 19,12 % et 23,45 %, mais ne nous permettent pas de confirmer l'efficacité du programme pour l'équilibre statique étant donné la non significativité des données. La différence entre cette étude et nos résultats pourrait tout de même s'expliquer par un temps de séance consacré à l'équilibre plus important dans notre programme. Cependant, il est utile d'indiquer qu'il compte deux fois moins de séances.

Enfin, ces deux protocoles ont tous les deux un intérêt dans la prévention des entorses et confortent l'idée que notre programme pourrait également jouer ce rôle préventif au vu des différents résultats obtenus.

### **6.1.3 Compliance et amélioration des facteurs**

En comparant au sein de notre population un groupe avec une compliance élevée (CE) ( $>90\%$ ) et un groupe avec une compliance faible(CF) ( $<50\%$ ), nous avons pu remarquer une différence importante en faveur du groupe CE avec des résultats 3 à 9 fois supérieurs à ceux du groupe CF selon le test. Cela suppose que la compliance joue un rôle important dans la progression des joueurs dans le programme. C'est ce qu'énonce notamment Silvers-Granelli et al. (2018) dans leur étude sur un programme de prévention des blessures, où les joueurs réalisant un nombre de séances préventives plus conséquent sur la saison réduisent davantage leurs risques de blessure. Les différentes études que nous avons pu confronter à notre programme ont pour la plupart montré une compliance beaucoup plus importante et hétérogène. Cela pourrait expliquer certains écarts avec nos données. De plus, les améliorations obtenues auraient pu être supérieures, voire significatives notamment pour les adducteurs et l'équilibre statique si la compliance avait été supérieure à 90 % pour l'ensemble du groupe.

D'un point de vue global, même si l'ensemble des résultats n'est pas significatif, des améliorations ont été observées pour chacun des tests. Les améliorations nettement supérieures chez certains joueurs peuvent s'expliquer par une compliance beaucoup plus forte. Même si la population reste faible et invite à la prudence, notre programme semble adapté pour réduire les facteurs de risques que sont l'équilibre et la force excentrique. Par ces améliorations, le programme pourrait avoir un impact sur la réduction du risque de blessures aux ischiojambiers, aux adducteurs ainsi que sur les entorses de la cheville et du genou.

## **6.2 Limites de l'étude**

Plusieurs limites sont à prendre en compte dans notre travail. Tout d'abord, comme nous venons de le voir, la faible compliance et son hétérogénéité ont pu avoir un impact sur l'efficacité de notre programme. Ce manque de compliance peut s'expliquer par plusieurs points. Tout d'abord, il est possible que nous n'ayons pas assez insisté sur l'intérêt de notre programme pour les joueurs. Sans cette compréhension de la finalité, il est plus difficile pour les joueurs de s'investir. Il se peut également que les exercices n'aient pas été assez stimulants. Pourtant, afin de diminuer le risque d'obtenir une faible compliance, nous avions cherché à réaliser une intervention la plus complète dans un temps le plus court possible. Une autre limite à évoquer concerne la faible population constituant l'étude qui rend les résultats peu robustes et nous invite à rester prudent dans nos

conclusions. De meilleures conditions de réalisation du programme auraient permis d'améliorer les résultats et de renforcer leur robustesse.

Le contexte sanitaire explique également ces premières limites. En effet, étant donné la jeune population amateur, l'absence de matchs et de compétition dès le mois de novembre a réduit le taux de présence à l'entraînement de 50 % environ avec 10/12 joueurs par séance. À l'origine, le programme « terrain » devait être réalisé sur l'ensemble des 12 séances. Cependant, le couvre-feu ayant entraîné le passage de 3 séances par semaine à une seule, nous avons dû adapter le programme afin de réaliser deux séances par semaine. Il était ensuite difficile de motiver les joueurs à participer à la visioconférence le mercredi. Durant la réalisation du programme, un nouvel événement est venu perturber son déroulement : le confinement et la fermeture du club actée le mercredi 7 avril 2021 entraînant la réalisation des quatre dernières séances à la maison.

Dans une logique de terrain et en accord avec les entraîneurs, le programme a été réalisé par l'ensemble des joueurs du groupe présents. Il aurait pu être intéressant d'utiliser un groupe contrôle pour apporter plus de robustesse à notre étude. De plus, il aurait pu être envisagé d'associer à cette étude un suivi épidémiologique les mois suivants comme a pu le faire Del Rabal et al. (2018) pour observer les effets du programme sur le taux de blessures entre un groupe contrôle et un groupe expérimental. Cela aurait permis notamment de faire des conclusions sur le rôle préventif du programme de manière directe. En effet, ce procédé répond à la dernière étape du modèle de van Mechelen et al. (1992) dans laquelle la mesure de l'incidence des blessures avant et après le protocole permet de voir les effets préventifs du programme mis en place. Face au contexte sanitaire et à l'incertitude qu'il entraîne, cette démarche nous semblait complexe à mettre en place, mais il serait intéressant de l'envisager dans le futur.

Nous pouvons également intégrer comme limite les conditions de réalisation des tests. Comme nous l'avons expliqué, le dynamomètre manuel est un outil fiable et valide. Afin d'augmenter la reproductibilité, il était conseillé d'évaluer les joueurs dans des conditions similaires lors de chaque session. Cependant, n'ayant qu'une séance par semaine le samedi, les tests ont donc dû être réalisés durant l'entraînement. Lors des tests post-interventionnels, nous étions cette fois-ci en confinement, ce qui ne nous a pas permis de réaliser les tests seulement durant une journée et sans entraînement. Nous avons tout de même respecté les heures de réalisation des tests avant et après la mise en place du programme, car les performances dans des exercices maximaux de courte durée varient selon les heures de la journée (Mirizio et al., 2020).

La force musculaire a été mesurée à partir d'un dynamomètre à main. Cet outil présente l'avantage d'être facilement mobilisable. Cependant, il reste moins reproductible par rapport à un

dynamomètre isocinétique, gold standard pour l'évaluation de la force musculaire maximale (Edouard & Degache, 2016). En effet, on retrouve une erreur standard de mesure comprise entre 16,7 et 19,6 N pour les adducteurs et entre 9,8 et 10,8 N pour les ischiojambiers. L'augmentation moyenne étant de 20,8 N ( $\pm 21,6$ ) pour les adducteurs, elle est presque équivalente à l'erreur de mesure, ce qui incite à une prudence quant à l'interprétation des résultats. Pour les ischiojambiers, l'augmentation moyenne est de 27,7 N ( $\pm 23,5$ ), la différence avec l'erreur de mesure est plus importante, mais il faut tout de même rester prudent. De plus, l'utilisation de cet outil pour mesurer la force excentrique peut poser question méthodologiquement, notamment du fait que selon la vitesse du mouvement enclenché par l'examineur la force varie. Malgré la volonté de réaliser un mouvement équivalent en terme de vitesse, il se peut que des possibles variations aient eu lieu lors des tests.

Lorsque l'on réalise un programme préventif, un choix se pose entre réaliser une démarche groupée ou individualisée (F. Delvaux et al., 2017). Nous avons choisi de réaliser un programme collectif afin de faciliter sa mise en place et son suivi, notamment pour qu'il reste facilement utilisable par tous. Cependant, ce type de démarche peut parfois s'avérer insuffisant avec un programme peu adapté ou peu intense pour certains des athlètes étant donné les variations interindividuelles observées lors des pré-tests notamment (**Annexe 5**). Afin d'augmenter son efficacité, le programme aurait pu être davantage individualisé, notamment en mettant en place un système de progression dans lequel le passage au niveau supérieur ou à un nombre de répétitions plus important serait propre à chaque individu. Par exemple, l'utilisation d'une échelle de perception de l'effort à la fin de chaque séance pourrait permettre cela. En effet, un seuil minimum atteint lors d'une séance permettrait le passage à un niveau supérieur la fois suivante.

### 6.3 Perspectives

Ce travail a permis aux joueurs du groupe U19 de découvrir un programme à visée préventive. Il a également pu profiter aux entraîneurs du groupe mais également aux autres catégories. En effet, la prévention est nécessaire quel que soit le niveau ou la catégorie, et une sensibilisation auprès des plus jeunes devrait être réalisée le plus tôt possible. Les gains obtenus lors des évaluations leur a également permis de prendre conscience que le travail réalisé avait un intérêt. Bien que ce programme ait été réalisé en mars et avril, il pourrait être intéressant de l'intégrer dans la préparation de présaison afin de diminuer les risques de blessures.

Les résultats obtenus ne nous permettent pas de conclure à une efficacité globale du programme. Nous pouvons tout de même penser que de meilleures conditions permettraient une amélioration significative de la force excentrique et de l'équilibre et donc une diminution potentielle du risque de blessures. Cependant, nous avons pu voir précédemment que les facteurs de risque de blessures sont multifactoriels, et donc que la modification d'un facteur propre à une blessure ne

permet de réduire qu'une partie du risque. Il faut ainsi avoir conscience que le risque n'est jamais totalement éliminé.

D'un point de vue personnel, ce mémoire était associé à une première expérience sur le terrain en tant que préparateur physique. Il nous a permis de mettre en pratique la théorie acquise lors de ces deux années de Master, mais surtout d'apprendre à gérer un groupe, à anticiper et à s'adapter sur le terrain. La prévention, qui est un sujet vers lequel nous nous sommes tournés, semble indispensable dans tous les clubs de football, et plus généralement dans le sport. La sensibilisation devrait commencer dès le plus jeune âge car les blessures sont certes un problème pour le sportif, mais peuvent également avoir des répercussions dans la vie privée et professionnelle. Ce travail nous sera également utile dans un horizon professionnel futur où nous souhaitons associer kinésithérapie et préparation physique en club de football et dans lequel nous souhaiterions le réutiliser.

## 7 Conclusion

Notre travail consistait à concevoir un programme sans matériel additionnel autre que le ballon permettant d'améliorer la force excentrique et l'équilibre. Le premier est un facteur de risque de blessure important pour les adducteurs et les ischiojambiers et le second un facteur de risque de blessure important des entorses de la cheville et du genou. Les résultats obtenus n'ont été significatifs que pour la force excentrique des ischiojambiers et pour l'équilibre dynamique de la jambe non-dominante. Les autres résultats ont tout de même montré des améliorations pour l'équilibre dynamique de la jambe dominante, la force excentrique des adducteurs et l'équilibre statique. Notre travail a également pu mettre en évidence une hétérogénéité au sein du groupe concernant la compliance et qu'une compliance élevée permettait de meilleurs résultats. Ces résultats ne nous permettent pas de conclure à une efficacité globale du programme mais nous laissent penser que sa réalisation par une population plus importante avec un taux de compliance élevé et homogène devrait montrer une plus grande efficacité. On peut ainsi supposer que notre programme sans matériel additionnel pourrait permettre de réduire les deux facteurs de risques et ainsi diminuer le risque de blessures. Afin de pouvoir observer de manière plus directe les effets préventifs du programme, un suivi épidémiologique pourrait être envisagé.

## Bibliographie

Al Attar, W. S. A., Soomro, N., Sinclair, P. J., Pappas, E., & Sanders, R. H. (2017). Effect of Injury Prevention Programs that Include the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injury Rates in Soccer Players : A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(5), 907-916. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0638-2>

Alentorn-Geli, E., Myer, G. D., Silvers, H. J., Samitier, G., Romero, D., Lázaro-Haro, C., & Cugat, R. (2009a). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1 : Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*, 17(7), 705-729. <https://doi.org/10.1007/s00167-009-0813-1>

Alentorn-Geli, E., Myer, G. D., Silvers, H. J., Samitier, G., Romero, D., Lázaro-Haro, C., & Cugat, R. (2009b). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 2 : A review of prevention programs aimed to modify risk factors and to reduce injury rates. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 17(8), 859-879. <https://doi.org/10.1007/s00167-009-0823-z>

Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Risk factors for injuries in football. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(1 Suppl), 5S-16S. <https://doi.org/10.1177/0363546503258912>

Bulow, A., Anderson, J. E., Leiter, J. R., MacDonald, P. B., & Peeler, J. (2019). THE MODIFIED STAR EXCURSION BALANCE AND Y-BALANCE TEST RESULTS DIFFER WHEN ASSESSING PHYSICALLY ACTIVE HEALTHY ADOLESCENT FEMALES. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 14(2), 192-203.

Butler, R. J., Southers, C., Gorman, P. P., Kiesel, K. B., & Plisky, P. J. (2012). Differences in soccer players' dynamic balance across levels of competition. *Journal of Athletic Training*, 47(6), 616-620. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.5.14>

Coughlan, G. F., Fullam, K., Delahunt, E., Gissane, C., Caulfield, B. M., & Sci, M. (2012). A Comparison Between Performance on Selected Directions of the Star Excursion Balance Test and the Y Balance Test. *Journal of Athletic Training*, 47(4), 366-371.

<https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.4.03>

Daneshjoo, A., Mokhtar, A. H., Rahnama, N., & Yusof, A. (2012). The Effects of Comprehensive Warm-Up Programs on Proprioception, Static and Dynamic Balance on Male Soccer Players. *PLOS ONE*, 7(12), e51568. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051568>

Del Rabal, H., Picot, B., Moret, S., Dany, A., & Rambaud, A. (2018). Programme préventif des entorses de cheville chez les jeunes joueuses de football : Essai contrôlé randomisé par grappe. *Kinésithérapie, la Revue*, 18(203), 3-10. <https://doi.org/10.1016/j.kine.2018.06.017>

Delvaux, F., Kaux, J.-F., & Croisier, J.-L. (2017). Les lésions musculaires des membres inférieurs : Facteurs de risque et stratégies préventives. *Science & Sports*, 32(4), 179-190.

<https://doi.org/10.1016/j.scispo.2016.11.005>

Delvaux, François, & Croisier, J.-L. (2019). *Le point sur la prévention des blessures dans le football*.

Edouard, P., & Degache, F. (2016). *Guide d'isocinétisme : L'évaluation isocinétique des concepts aux conditions sportives et patologiques* (Elsevier Masson).

Ekstrand, J., Hägglund, M., & Waldén, M. (2011). Epidemiology of Muscle Injuries in Professional Football (Soccer). *The American Journal of Sports Medicine*, 39(6), 1226-1232.

<https://doi.org/10.1177/0363546510395879>

Esteve, E., Rathleff, M. S., Bagur-Calafat, C., Urrútia, G., & Thorborg, K. (2015). Prevention of groin injuries in sports : A systematic review with meta-analysis of randomised controlled trials. *British Journal of Sports Medicine*, 49(12), 785-791. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094162>

Fanchini, M., Steendahl, I. B., Impellizzeri, F. M., Pruna, R., Dupont, G., Coutts, A. J., Meyer, T., & McCall, A. (2020). Exercise-Based Strategies to Prevent Muscle Injury in Elite

Footballers : A Systematic Review and Best Evidence Synthesis. *Sports Medicine*, 50(9), 1653-1666. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01282-z>

FIFA. (2016). *Qu'est-ce que la prévention des blessures ?* FIFA Medical Network. <https://www.fifamedicalnetwork.com/fr/lessons/prevention-des-blessures-quest-ce-que-la-prevention-des-blessures/>

Filipa, A., Byrnes, R., Paterno, M. V., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2010). Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 40(9), 551-558. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3325>

Fousekis, K., Tsepis, E., & Vagenas, G. (2012). Intrinsic Risk Factors of Noncontact Ankle Sprains in Soccer : A Prospective Study on 100 Professional Players. *The American Journal of Sports Medicine*, 40(8), 1842-1850. <https://doi.org/10.1177/0363546512449602>

Freckleton, G., & Pizzari, T. (2013). Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport : A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 47(6), 351-358. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090664>

Fuller, C. W., Ekstrand, J., Junge, A., Andersen, T. E., Bahr, R., Dvorak, J., Hägglund, M., McCrory, P., & Meeuwisse, W. H. (2006). Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 40(3), 193-201. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2005.025270>

Gérard, R., Gojon, L., Decleve, P., & Van Cant, J. (2020). The Effects of Eccentric Training on Biceps Femoris Architecture and Strength : A Systematic Review With Meta-Analysis. *Journal of Athletic Training*, 55(5), 501-514. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-194-19>

Giza, E., Fuller, C., Junge, A., & Dvorak, J. (2003). Mechanisms of foot and ankle injuries in soccer. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(4), 550-554. <https://doi.org/10.1177/03635465030310041201>

Goossens, L., Witvrouw, E., Vanden Bossche, L., & De Clercq, D. (2015). Lower eccentric hamstring strength and single leg hop for distance predict hamstring injury in PETE students. *European Journal of Sport Science, 15*(5), 436-442.  
<https://doi.org/10.1080/17461391.2014.955127>

Green, B., & Pizzari, T. (2017). Calf muscle strain injuries in sport : A systematic review of risk factors for injury. *British Journal of Sports Medicine, 51*(16), 1189-1194.  
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097177>

Hägglund, M., Waldén, M., & Ekstrand, J. (2012). Risk Factors for Lower Extremity Muscle Injury in Professional Soccer The UEFA Injury Study. *The American journal of sports medicine, 41*. <https://doi.org/10.1177/0363546512470634>

Harøy, J., Clarsen, B., Wiger, E. G., Øyen, M. G., Serner, A., Thorborg, K., Hölmich, P., Andersen, T. E., & Bahr, R. (2019). The Adductor Strengthening Programme prevents groin problems among male football players : A cluster-randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine, 53*(3), 150-157. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098937>

Harøy, J., Thorborg, K., Serner, A., Bjørkheim, A., Rolstad, L. E., Hölmich, P., Bahr, R., & Andersen, T. E. (2017). Including the Copenhagen Adduction Exercise in the FIFA 11+ Provides Missing Eccentric Hip Adduction Strength Effect in Male Soccer Players : A Randomized Controlled Trial. *The American Journal of Sports Medicine, 45*(13), 3052-3059. <https://doi.org/10.1177/0363546517720194>

Hrysomallis, C. (2009). Hip adductors' strength, flexibility, and injury risk. *Journal of Strength and Conditioning Research, 23*(5), 1514-1517. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a3c6c4>

Ishøi, L., Sørensen, C. N., Kaae, N. M., Jørgensen, L. B., Hölmich, P., & Serner, A. (2016). Large eccentric strength increase using the Copenhagen Adduction exercise in football : A randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 26*(11), 1334-1342. <https://doi.org/10.1111/sms.12585>

Ishøi, Lasse, & Thorborg, K. (2021). Copenhagen adduction exercise can increase eccentric strength and mitigate the risk of groin problems : But how much is enough! *British Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103564>

Jagger, K., Frazier, A., Aron, A., & Harper, B. (2020). Scoring Performance Variations Between the Y Balance Test, A Modified Y Balance Test, and the Modified Star Excursion Balance Test. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15, 34-41.  
<https://doi.org/10.26603/ijjspt20200034>

Jones, S., Almousa, S., Gibb, A., Allamby, N., Mullen, R., Andersen, T. E., & Williams, M. (2019). Injury Incidence, Prevalence and Severity in High-Level Male Youth Football : A Systematic Review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(12), 1879-1899.  
<https://doi.org/10.1007/s40279-019-01169-8>

Krause, D. A., Schlagel, S. J., Stember, B. M., Zoetewey, J. E., & Hollman, J. H. (2007). Influence of lever arm and stabilization on measures of hip abduction and adduction torque obtained by hand-held dynamometry. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(1), 37-42. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2006.09.011>

Lauersen, J. B., Bertelsen, D. M., & Andersen, L. B. (2014). The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries : A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *British Journal of Sports Medicine*, 48(11), 871-877.  
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092538>

López-Valenciano, A., Ruiz-Pérez, I., García-Gómez, A., Vera-García, F. J., Croix, M. D. S., Myer, G. D., & Ayala, F. (2020). Epidemiology of injuries in professional football : A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 54(12), 711-718.  
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099577>

Maffey, L., & Emery, C. (2007). What are the Risk Factors for Groin Strain Injury in Sport? *Sports Medicine*, 37(10), 881-894. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737100-00004>

Mc Call, A. (2014). La prévention des blessures dans le football professionnel. *Undefined*.  
[/paper/La-pr%C3%A9vention-des-blessures-dans-le-football-Call/5a8767a3f12e95c760daedad61c04bdec79dcb88](https://paper/La-pr%C3%A9vention-des-blessures-dans-le-football-Call/5a8767a3f12e95c760daedad61c04bdec79dcb88)

McCall, A., Pruna, R., Van der Horst, N., Dupont, G., Buchheit, M., Coutts, A. J., Impellizzeri, F. M., Fanchini, M., & EFP-Group. (2020). Exercise-Based Strategies to Prevent Muscle Injury in Male Elite Footballers : An Expert-Led Delphi Survey of 21 Practitioners Belonging to 18 Teams from the Big-5 European Leagues. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 50(9), 1667-1681. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01315-7>

Mehl, J., Diermeier, T., Herbst, E., Imhoff, A. B., Stoffels, T., Zantop, T., Petersen, W., & Achtnich, A. (2018). Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 138(1), 51-61. <https://doi.org/10.1007/s00402-017-2809-5>

Mendiguchia, J., Alentorn-Geli, E., Idoate, F., & Myer, G. D. (2013). Rectus femoris muscle injuries in football : A clinically relevant review of mechanisms of injury, risk factors and preventive strategies. *British Journal of Sports Medicine*, 47(6), 359-366. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091250>

Mirizio, G. G., Nunes, R. S. M., Vargas, D. A., Foster, C., & Vieira, E. (2020). Time-of-Day Effects on Short-Duration Maximal Exercise Performance. *Scientific Reports*, 10(1), 9485. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66342-w>

Mohammadi, F. (2007). Comparison of 3 preventive methods to reduce the recurrence of ankle inversion sprains in male soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(6), 922-926. <https://doi.org/10.1177/0363546507299259>

Owoeye, O. B. A., Palacios-Derflingher, L. M., & Emery, C. A. (2018). Prevention of Ankle Sprain Injuries in Youth Soccer and Basketball : Effectiveness of a Neuromuscular Training Program and Examining Risk Factors. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal*

of the Canadian Academy of Sport Medicine, 28(4), 325-331.

<https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000462>

Pérez-Gómez, J., Adsuar, J. C., Alcaraz, P. E., & Carlos-Vivas, J. (2020). Physical exercises for preventing injuries among adult male football players : A systematic review. *Journal of Sport and Health Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.11.003>

Pfeifer, C. E., Beattie, P., Sacko, R. S., & Hand, A. (2018). RISK FACTORS ASSOCIATED WITH NON-CONTACT ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT INJURY : A SYSTEMATIC REVIEW. *International journal of sports physical therapy*.

<https://doi.org/10.26603/IJSPT20180575>

Pfirrmann, D., Herbst, M., Ingelfinger, P., Simon, P., & Tug, S. (2016). Analysis of Injury Incidences in Male Professional Adult and Elite Youth Soccer Players : A Systematic Review. *Journal of Athletic Training*, 51(5), 410-424. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.6.03>

Pizzari, T., Green, B., & van Dyk, N. (2020). *Extrinsic and Intrinsic Risk Factors Associated with Hamstring Injury* (p. 83-115). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-31638-9\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-31638-9_4)

Polglass, G., Burrows, A., & Willett, M. (2019). Impact of a modified progressive Copenhagen adduction exercise programme on hip adduction strength and postexercise muscle soreness in professional footballers. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 5(1), e000570.

<https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000570>

Read, P. J., Oliver, J. L., De Ste Croix, M. B. A., Myer, G. D., & Lloyd, R. S. (2016). Neuromuscular Risk Factors for Knee and Ankle Ligament Injuries in Male Youth Soccer Players. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(8), 1059-1066.

<https://doi.org/10.1007/s40279-016-0479-z>

Ryan, J., DeBurca, N., & Mc Creesh, K. (2014). Risk factors for groin/hip injuries in field-based sports : A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 48(14), 1089-1096.

<https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092263>

Serner, A., Mosler, A. B., Tol, J. L., Bahr, R., & Weir, A. (2019). Mechanisms of acute adductor longus injuries in male football players : A systematic visual video analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 53(3), 158-164. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099246>

Silvers-Granelli, H. J., Bizzini, M., Arundale, A., Mandelbaum, B. R., & Snyder-Mackler, L. (2018). Higher compliance to a neuromuscular injury prevention program improves overall injury rate in male football players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*, 26(7), 1975-1983. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-4895-5>

Soomro, N., Sanders, R., Hackett, D., HubkaRao, T., Ebrahimi, S., Freeston, J., & Cobley, S. (2015). The Efficacy of Injury Prevention Programs in Adolescent Team Sports : A Meta-analysis. *The American journal of sports medicine*, 44. <https://doi.org/10.1177/0363546515618372>

Thorborg, K., Couppé, C., Petersen, J., Magnusson, S. P., & Hölmich, P. (2011). Eccentric hip adduction and abduction strength in elite soccer players and matched controls : A cross-sectional study. *British Journal of Sports Medicine*, 45(1), 10-13. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.061762>

Thorborg, K., Petersen, J., Magnusson, S. P., & Hölmich, P. (2010). Clinical assessment of hip strength using a hand-held dynamometer is reliable. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(3), 493-501. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00958.x>

Tyler, T. F., Nicholas, S. J., Campbell, R. J., & McHugh, M. P. (2001). The association of hip strength and flexibility with the incidence of adductor muscle strains in professional ice hockey players. *The American Journal of Sports Medicine*, 29(2), 124-128. <https://doi.org/10.1177/03635465010290020301>

van Beijsterveldt, A. M. C., Port, I. G. L. van de, Vereijken, A. J., & Backx, F. J. G. (2013). Risk Factors for Hamstring Injuries in Male Soccer Players : A Systematic Review of Prospective

Studies. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(3), 253-262.

<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01487.x>

van Beijsterveldt, A. M. C., van der Horst, N., van de Port, I. G. L., & Backx, F. J. G. (2013). How effective are exercise-based injury prevention programmes for soccer players? : A systematic review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 43(4), 257-265.

<https://doi.org/10.1007/s40279-013-0026-0>

van Mechelen, W., Hlobil, H., & Kemper, H. C. (1992). Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. A review of concepts. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 14(2), 82-99. <https://doi.org/10.2165/00007256-199214020-00002>

Vuurberg, G., Hoorntje, A., Wink, L. M., Doelen, B. F. W. van der, Bekerom, M. P. van den, Dekker, R., Dijk, C. N. van, Krips, R., Loogman, M. C. M., Ridderikhof, M. L., Smithuis, F. F., Stufkens, S. A. S., Verhagen, E. A. L. M., Bie, R. A. de, & Kerkhoffs, G. M. M. J. (2018). Diagnosis, treatment and prevention of ankle sprains : Update of an evidence-based clinical guideline. *British Journal of Sports Medicine*, 52(15), 956-956.

<https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098106>

Walls, R. J., Ross, K. A., Fraser, E. J., Hodgkins, C. W., Smyth, N. A., Egan, C. J., Calder, J., & Kennedy, J. G. (2016). Football injuries of the ankle : A review of injury mechanisms, diagnosis and management. *World Journal of Orthopedics*, 7(1), 8-19.

<https://doi.org/10.5312/wjo.v7.i1.8>

Warren, P., Gabbe, B. J., Schneider-Kolsky, M., & Bennell, K. L. (2010). Clinical predictors of time to return to competition and of recurrence following hamstring strain in elite Australian footballers. *British Journal of Sports Medicine*, 44(6), 415-419.

<https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.048181>

Whiteley, R., Jacobsen, P., Prior, S., Skazalski, C., Otten, R., & Johnson, A. (2012). Correlation of isokinetic and novel hand-held dynamometry measures of knee flexion and extension

strength testing. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(5), 444-450.

<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.01.003>

Whittaker, J. L., Small, C., Maffey, L., & Emery, C. A. (2015). Risk factors for groin injury in sport : An updated systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 49(12), 803-809.

<https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094287>

Wikstrom, E. A., Mueller, C., & Cain, M. S. (2020). Lack of Consensus on Return-to-Sport Criteria Following Lateral Ankle Sprain : A Systematic Review of Expert Opinions. *Journal of Sport Rehabilitation*, 29(2), 231-237. <https://doi.org/10.1123/jsr.2019-0038>

## Annexes

---

- Annexe 1 : Données morphologiques
- Annexe 2 : Evolution du programme au cours des 6 semaines
- Annexe 3 : Programme détaillé d'équilibre
- Annexe 4 : Améliorations individuelles aux tests et compliance
- Annexe 5 : Données pré et post interventionnelles individuelles

## Annexe 1 : Données morphologiques

**Tableau 1 :** Données individuelles morphologiques

	<i>âge</i>	<i>Taille (cm)</i>	<i>Poids (Kg)</i>	<i>IMC</i>	<i>Pied Fort</i>	<i>Longueur Jambe (cm)</i>	
						<i>Droite</i>	<i>Gauche</i>
<b>Joueur 1</b>	17	174	55	21,6	D	0,89	0,9
<b>Joueur 2</b>	18	176	65	19,0	D	0,93	0,92
<b>Joueur 3</b>	18	165	66,5	37,7	D	0,76	0,76
<b>Joueur 4</b>	18	180	122	25,2	D	1	0,99
<b>Joueur 5</b>	17	185	70	18,2	D	0,99	0,98
<b>Joueur 6</b>	17	187	75	24,4	D	1,11	1,12
<b>Joueur 7</b>	17	180	70	21,3	D	0,97	0,96
<b>Joueur 8</b>	17	168	57	21,4	D	0,79	0,8
<b>Moyenne (ET)</b>	17,4 (0,48)	176,9 (7,2)	72,6 (19,7)	23,6 (5,8)			

Notes : ET : écart-type ; cm :centimètres ; kg :kilogrammes

## Annexe 2 : Evolution du programme au cours des 6 semaines

**Tableau 1 : Programme de renforcement musculaire**

Semaine	Séance	Lieu	<i>Ischio-jambiers</i>		<i>Adducteurs</i>	
			Séries	Répétitions	Séries	Répétitions
<b>1</b>	1	Terrain	3	5	3	5
	2	Maison	3	6	3	6
<b>2</b>	3	Terrain	3	6	3	6
	4	Maison	3	8	3	8
<b>3</b>	5	Terrain	3	8	3	8
	6	Maison	3	10	3	10
<b>4</b>	7	Terrain	3	10	3	10
	8	Maison	3	10	3	10
<b>5</b>	9	Maison	3	12	3	12
	10	Maison	3	12	3	12
<b>6</b>	11	Maison	3	15	3	15
	12	Maison	3	15	3	15

**Tableau 2 : Programme d'équilibre**

Semaine	Séance	Lieu	<i>Equilibre cheville</i>		<i>Equilibre genou</i>		<i>Equilibre dynamique</i>	
			Séries	Difficulté	Séries	Difficulté	Séries	Difficulté
<b>1</b>	1	Terrain	2	1	2	1	2	1
	2	Maison	2	1	2	1	2	1
<b>2</b>	3	Terrain	2	1(+)	2	1	2	1(+)
	4	Maison	2	1(+)	2	1	2	1(+)
<b>3</b>	5	Terrain	2	2	2	2	2	2
	6	Maison	2	2	2	2	2	2
<b>4</b>	7	Terrain	2	2(+)	2	2(+)	2	2(+)
	8	Maison	2	2(+)	2	2(+)	2	2(+)
<b>5</b>	9	Maison	2	2(+)	2	2(+)	2	2(+)
	10	Maison	2	3	2	3	2	3
<b>6</b>	11	Maison	2	3	2	3	2	3
	12	Maison	2	3(+)	2	3	2	3(+)

Notes : (+) : niveau intermédiaire (les mains étaient croisées sur le torse pour augmenter la difficulté)

## Annexe 3 : Programme détaillé d'équilibre

Tableau 1 : Programme d'équilibre détaillé par types et niveaux d'exercices

		Terrain	Nombre de répétitions par jambe	Maison	Nombre de répétitions par jambe
<i>Equilibre axé sur la Cheville (Genou verrouillé)</i>	<b>Niveau 1</b>	Unipodal + contrôle obligatoire/ passe au sol (Si facile mains sur hanches)	15 passes/ personne	Unipodal + genou 90° + faire tourner le ballon autour de soi (1 tour= passage dernière le dos + sous la jambe levée)	20 tours
		Unipodal + tour de la jambe+ contrôle/ passe au sol (Si facile mains sur hanches)	10 tours et passes/pers	Unipodal + tour autour de la jambe (Si facile mains sur hanches)	15 tours
		Unipodal + échange de balle en hauteur au pied	20 échanges/ pers	Unipodal + genou 90° + YF (mains sur hanches si facile)	30 secondes
	<b>Niveau 2</b>	Unipodal (genou fléchi) + lancée à la main	15 échanges/ personne	Unipodal + faire rebondir ballon autour de soi	10 tours
		4 directions sans ballon (Avt/Arr/Dt/G) (Si facile mains sur hanches)	3 fois	Idem (Si facile mains sur hanches)	3 fois
		Prendre ballon et déposer dans 3 directions (Avt, Avt Dt, Avt G)	3 fois	Idem	3 fois
	<b>Niveau 3</b>	Saut de part et d'autre d'une ligne + remise	10 A-R	Idem avec maintien 3sec à chaque retour à la position de départ	10 A-R
		Saut 4 directions (croix) + remise (Si facile mains sur hanches)	5 tours dans un sens/ 5 dans l'autre	Saut étoile (6 directions)+ maintien 5 secondes entre chaque tour (Si facile mains sur hanches)	3 tours
		Saut + rotation 90 degrés à chaque fois + remise (Si facile mains sur hanches)	5 A-R vers la gauche/ 5 A-R vers la droite	Saut 90° G, 90° centre, 90° D, 180° + maintien 5 secondes (Si facile mains sur hanches)	6 fois
<i>Equilibre dynamique</i>					

## Annexe 4 : Améliorations individuelles aux tests et compliance

**Tableau 1 :** Compliance des joueurs (en %) et amélioration (en %) de la force des adducteurs et des ischiojambiers après réalisation du programme.

Compliance(%)	Adducteur(%)			Ischio-jambiers(%)		
	CD	CND	Moyenne	CD	CND	Moyenne
Joueur 1 <sup>CE</sup>	100	31,86	13,04	22,45	15,88	24,07
Joueur 2 <sup>CE</sup>	91,7	10,96	10,84	10,90	4,73	4,51
Joueur 3 <sup>CE</sup>	91,7	12,98	15,17	14,07	12,92	14,27
Joueur 4 <sup>CE</sup>	91,7	7,88	23,17	15,53	18,71	16,81
Joueur 5 <sup>CF</sup>	41,7	-6,06	-3,34	-4,70	1,53	3,60
Joueur 6 <sup>CF</sup>	33,3	10,04	13,23	11,63	8,10	7,83
Joueur 7 <sup>CF</sup>	33,3	1,65	-0,73	0,46	-0,33	2,80
Joueur 8 <sup>CF</sup>	25	4,78	1,85	3,31	1,74	3,32
<b>Moyenne</b>	<b>63,5</b>	<b>9,3</b>	<b>9,2</b>	<b>9,2</b>	<b>7,9</b>	<b>9,7</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>30,6</b>	<b>10,26</b>	<b>8,47</b>	<b>8,31</b>	<b>6,73</b>	<b>7,36</b>

Notes : CE : groupe compliance élevée ; CF : groupe compliance faible ; CD : côté dominant ; CND : côté non dominant

**Tableau 2 :** Compliance des joueurs (en %) et amélioration (en %) de l'équilibre à l'Y balance test et au stork test après réalisation du programme.

Compliance	Y Balance Test (%)									Stork balance test (%)		
	Côté Dominant			Côté Non Dominant			Moyenne des 2 jambes	CD	CND	Moyenne des 2 jambes		
	Ant.	PM	PL	SC	Ant.	PM	PL	SC				
Joueur 1 <sup>CE</sup>	100	0,0	8,3	0,0	2,8	-1,3	2,9	14,6	5,4	4,1	45,3	-2,9
Joueur 2 <sup>CE</sup>	91,7	4,2	3,6	26,4	11,4	0,0	-0,9	6,7	1,9	6,7	3,5	68,0
Joueur 3 <sup>CE</sup>	91,7	6,6	6,4	5,4	6,1	6,8	0,0	7,4	4,7	5,4	64,2	25,8
Joueur 4 <sup>CE</sup>	91,7	3,5	-0,9	3,9	2,2	0,0	-2,7	17,8	5,0	3,6	36,6	17,8
Joueur 5 <sup>CF</sup>	41,7	-5,3	-4,3	-1,0	-3,5	4,2	1,7	7,6	4,5	0,5	21,1	-1,5
Joueur 6 <sup>CF</sup>	33,3	7,9	0,8	-6,1	0,9	5,0	13,8	-14,3	1,5	1,2	-16,8	32,9
Joueur 7 <sup>CF</sup>	33,3	-2,5	3,1	0,0	0,2	0,0	-4,8	3,3	-0,5	-0,1	-9,0	-9,4
Joueur 8 <sup>CF</sup>	25	0,0	1,9	-1,0	0,3	1,4	0,9	2,9	1,8	1,0	8,0	57,0
<b>Moyenne</b>	<b>63,5</b>	<b>1,80</b>	<b>2,39</b>	<b>3,45</b>	<b>2,55</b>	<b>2,02</b>	<b>1,36</b>	<b>5,75</b>	<b>3,04</b>	<b>2,79</b>	<b>19,12</b>	<b>23,45</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>30,6</b>	<b>4,23</b>	<b>3,72</b>	<b>9,27</b>	<b>4,20</b>	<b>2,74</b>	<b>5,21</b>	<b>8,99</b>	<b>2,01</b>	<b>2,34</b>	<b>26,16</b>	<b>26,54</b>

Notes : CE : groupe compliance élevée ; CF : groupe compliance faible ; CD : côté dominant ; CND : côté non dominant

## Annexe 5 : Données pré et post interventionnelles individuelles

**Tableau 1** : Valeurs de la force excentrique (en Newton) en pré-interventionnel (T1)

	<i>Adducteur</i>		<i>Ischio-jambiers</i>	
	Côté Dominant	Côté Non Dominant	Côté Dominant	Côté Non Dominant
<b>Joueur 1</b>	173,25	206,6	187,05	160,8
<b>Joueur 2</b>	237,75	244,4	284,35	277,25
<b>Joueur 3</b>	263,15	253,1	371,25	343,65
<b>Joueur 4</b>	315,85	280,95	426,3	427,55
<b>Joueur 5</b>	312,75	305,6	405,95	365
<b>Joueur 6</b>	188,25	198,8	373,9	372,8
<b>Joueur 7</b>	272,9	266,45	314,75	308,95
<b>Joueur 8</b>	245,75	273,35	289,55	267,7
<b>Moyenne</b>	262,3	253,7	331,6	315,5
<b>Ecart-type</b>	41,2	34,1	73,3	76,5

**Tableau 2** : Valeurs pré-interventionnelles (T1) des tests d'équilibre

	<i>Y Balance Test* (en cm)</i>								<i>Stork balance test (en s)</i>		
	<i>Côté Dominant</i>				<i>Côté Non Dominant</i>				<i>Yeux ouverts</i>		
	Ant	PM	PL	SC	Ant	PM	PL	SC	CD	CND	Les 2
<b>Joueur 1</b>	88,8	107,9	103,4	100,0	84,4	116,7	91,1	97,4	35,48	28,14	31,81
<b>Joueur 2</b>	77,4	118,3	93,5	96,4	79,3	120,7	114,1	104,7	25,31	15,72	20,51
<b>Joueur 3</b>	80,3	123,7	122,4	108,8	77,6	132,9	125,0	111,8	9,04	30,04	19,54
<b>Joueur 4</b>	57,0	115,0	102,0	91,3	64,6	111,1	90,9	88,9	9,88	13,39	11,63
<b>Joueur 5</b>	76,8	118,2	105,1	100,0	72,4	117,3	107,1	99,0	22,96	16,25	19,60
<b>Joueur 6</b>	68,5	107,2	102,7	92,8	71,4	97,3	106,3	91,7	11,65	6,65	9,15
<b>Joueur 7</b>	82,5	99,0	97,9	93,1	80,2	109,4	94,8	94,8	9,8	10,43	10,11
<b>Joueur 8</b>	86,1	130,4	124,1	113,5	86,3	133,8	130,0	116,7	19,74	4,23	11,98
<b>Moyenne</b>	77,15	114,95	106,38	99,49	77,05	117,39	107,42	100,62	17,98	15,61	16,79
<b>Ecart-type</b>	9,58	9,36	10,29	7,45	6,72	11,32	13,98	9,12	8,95	8,71	7,14

Notes : \* : Valeurs normalisées

**Tableau 3 :** Valeurs de la force excentrique (en Newton) en post-interventionnel (T2)

	<i>Adducteur</i>		<i>Ischio-jambiers</i>	
	Côté Dominant	Côté Non Dominant	Côté Dominant	Côté Non Dominant
<b>Joueur 1</b>	228,45	233,55	216,75	199,5
<b>Joueur 2</b>	263,8	270,9	297,8	289,75
<b>Joueur 3</b>	297,3	291,5	419,2	392,7
<b>Joueur 4</b>	340,75	346,05	506,05	499,4
<b>Joueur 5</b>	293,8	295,4	412,15	378,15
<b>Joueur 6</b>	207,15	225,1	404,2	402
<b>Joueur 7</b>	277,4	264,5	313,7	317,6
<b>Joueur 8</b>	257,5	278,4	294,6	276,6
<b>Moyenne</b>	270,8	275,7	358,1	344,5
<b>Ecart-type</b>	39,1	35,5	86,8	86,7

**Tableau 4 :** Valeurs normalisées post-interventionnelles (T2) des tests d'équilibre

	<i>Y Balance Test (en cm)</i>								<i>Stork balance test (en s)</i>		
	Jambe Droite				Jambe Gauche				Yeux ouverts		
	Ant	PM	PL	SC	Ant	PM	PL	SC	CD	CND	Les 2
<b>Joueur 1</b>	88,8	116,9	103,4	103,0	83,3	120,0	104,4	102,6	51,56	27,31	39,44
<b>Joueur 2</b>	80,6	122,6	118,3	107,2	79,3	119,6	121,7	106,9	26,19	26,41	26,3
<b>Joueur 3</b>	85,5	131,6	128,9	115,4	82,9	132,9	134,2	116,7	14,84	37,78	26,31
<b>Joueur 4</b>	59,0	114,0	106,0	93,0	64,6	108,1	107,1	93,3	13,5	15,78	14,64
<b>Joueur 5</b>	72,7	113,1	104,0	96,6	75,5	119,4	115,3	103,4	27,81	16	21,91
<b>Joueur 6</b>	73,9	108,1	96,4	92,8	75,0	110,7	91,1	92,3	9,69	8,84	9,27
<b>Joueur 7</b>	80,4	102,1	97,9	93,5	80,2	104,2	97,9	94,1	8,92	9,45	9,19
<b>Joueur 8</b>	86,1	132,9	122,8	113,9	87,5	135,0	133,8	118,8	21,32	6,64	13,98
<b>Moyenne</b>	78,38	117,65	109,72	101,92	78,56	118,73	113,19	103,49	21,73	18,53	20,13
<b>Ecart-type</b>	9,05	10,12	11,27	8,77	6,52	10,36	14,91	9,60	13,09	10,26	9,73

## Résumé

---

**Objectifs** : Le taux de blessure dans le football est important. Pour le réduire, différents protocoles et programmes préventifs sont utilisés. L'objectif du mémoire est de concevoir un programme agissant sur la force excentrique et l'équilibre qui sont des facteurs de risques des principales blessures dans le football. L'amélioration de ces facteurs devrait réduire le risque de blessure.

**Méthode** : Le programme a été réalisé par 8 footballeurs U19 régionaux. Il intégrait des exercices de renforcement musculaire et d'équilibre pendant 6 semaines, 2 fois par semaine. La force excentrique ainsi que l'équilibre statique et dynamique ont été mesuré avant et après le programme.

**Résultats** : L'analyse a révélé une augmentation significative pour la force excentrique des ischiojambiers et l'équilibre dynamique de la jambe non dominante. Les résultats concernant l'équilibre dynamique de la jambe dominante, la force excentrique des adducteurs et l'équilibre statique ont tout de même montré des améliorations. Une compliance élevée a révélé de meilleurs résultats qu'une compliance faible.

**Conclusion** : Même si l'ensemble des résultats n'est pas significatif, des améliorations sont visibles sur les facteurs de risques et de possibles effets préventifs sont envisageables. Ils auraient pu être supérieurs avec une compliance élevée pour l'ensemble des joueurs.

## Mots clés

---

- **Prévention**
- **Force excentrique**
- **Proprioception**
- **Entorse**
- **Lésion musculaire**

## Abstract

---

**Objectives :** The injury rate in soccer is important. To reduce it, different protocols and preventive programs are used. The aim of this dissertation is to create a program which acts on eccentric strength and balance which are main risk factors in soccer. The improvement should allow to reduce injury risk.

**Method :** The program was performed by 8 U19 regional soccer players. It include muscle strengthening and balance exercices for 6 weeks, 2 times by week. The eccentric strength and static and dynamic balance were measured before and after program.

**Results :** The analysis revealed a significant increase for hamstring eccentric strength and dynamic balance of non dominant leg. The results concerning dynamic balance of dominant leg, adductor eccentric strength and static balance also showed improvements.

**Conclusion :** Even if all of results are not significant, improvements are visible on the risk factors and possible preventive effects are envisaged. It would be better with a high level of compliance for all of players.

## Keywords

---

- **Prevention**
- **Eccentric strength**
- **Proprioception**
- **Muscle injury**
- **Sprain**